
TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií

Studijní program: N2612 – Elektrotechnika a informatika

Studijní obor: 1802T007 – Informační technologie

Automatizace výstavby geometrie modelových sítí

Automation of construction of meshes geometry model

Diplomová práce

Autor: **Bc. Jiří Tichý**

Vedoucí práce: RNDr. Blanka Malá, Ph.D.

V Liberci 30. 8. 2012

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií
Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jiří Tichý**
Osobní číslo: **M09000241**
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Informační technologie**
Název tématu: **Automatizace výstavby geometrie modelových sítí**
Zadávající katedra: **Ústav nových technologií a aplikované informatiky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Studium dostupných zdrojů - GIS, GMSH, stávající postupy výstavby modelových sítí včetně automatizovaných. Vypracování rešeršní části práce.
2. Analýza vybraného problému automatizace, návrh aplikace a její funkčnosti.
3. Klasifikace dat z GIS vstupujících do modelové geometrie, návrh struktury dat pro vstup do aplikace. Zpracování teoretického řešení.
4. Praktické řešení problému, vývoj aplikace, dokumentace postupu. Verifikace řešení. Zpracování praktického řešení do textu práce.
5. Zhodnocení, náměty pro rozpracování, atd. Závěr práce.


Rozsah grafických prací: dle potřeby
Rozsah pracovní zprávy: cca 60 stran
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

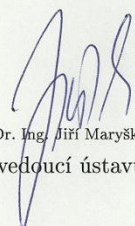
- [1] Maryška, Jiří - Malá, Blanka. Výstavba modelové sítě a její naplnění hodnotami záGIS SURAO a stanovení počátečních podmínek pro různé varianty migrace. Dílčí závěrečná zpráva. Projekt SÚRAO: Výzkum procesů pole vzdálených interakcí HÚ vyhořelého jaderného paliva a vysoce aktivních odpadů. TUL Liberec. 2008.
- [2] Malá, Blanka - Capeková, Zuzana. Geoinformatické modelování a jeho přístupy v tvorbě mesh modelu území. In. Geodny. Sborník výroční konference České geografické společnosti. TUL Liberec. 2008.
- [3] Malá, Blanka - Pacina, Jan - Capeková, Zuzana. Účelově odvozené geoinformatické modely váprocentu předzpracování dat pro tvorbu geometrie modelových sítí. SIMONA. TUL Liberec. 2009.

Vedoucí diplomové práce: RNDr. Blanka Malá, Ph.D.
Ústav nových technologií a aplikované informatiky

Datum zadání diplomové práce: 14. října 2011
Termín odevzdání diplomové práce: 18. května 2012


prof. Ing. Václav Kopecký, CSc.
děkan




prof. Dr. Ing. Jiří Maryška, CSc.
vedoucí ústavu

V Liberci dne 14. října 2011

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladu, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval (a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum

Podpis

Poděkování

Touto cestou bych rád poděkoval RNDr. Blance Malé, Ph.D. za ochotu a trpělivost při vedení této práce.

Za podporu bych také rád poděkoval rodině a příležitostným povzbuzovatelům.

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá problematikou výstavby geometrie modelu a návrhem automatizované výstavby geometrických modelů. Teoretická část práce se zabývá geografickými informačními systémy, včetně možného získávání dat. Dále se práce teoreticky zabývá podstatou geometrie modelu a současnými návrhy pro automatizování výstavby geometrických sítí. Praktická část práce popisuje kroky při výstavbě geometrie modelu a navrhuje její automatizovanou výstavbu. Praktické řešení také určuje požadavky na vstupní data pro vytvořené aplikace Převod DBF do GEO a Extrude from GEO, které umožňují částečně automatizovanou výstavbu geometrie modelů. Závěrem je uvedena verifikace navrhnutého řešení na dvou úlohách reálných dat.

Klíčová slova: automatizace, Geografické informační systémy, GIS, GMSH, geometrický model, síťový model, modelování, Java.

Abstract

This thesis deals with the construction of the geometry model and design of automated construction of geometric models. The theoretical part of the thesis deals with geographic information systems, including the possible acquisition of data. Furthermore, the work deals with theoretical essentially of geometry model and present proposals to automate the construction of geometric networks. The practical part describes the steps in the construction of the model geometry and proposes the automated construction. Practical solutions also specifies requirements for the input data to create an application Converting DBF to GEO and Extrude from GEO that allow partially automated construction of geometry models. Finally, the proposed verification is presented solutions on two tasks of real data.

Key words: automation, Geographic Information Systems, GIS, GMSH, geometric model, meshes model, modeling, Java

Obsah

Prohlášení.....	3
Poděkování.....	4
Abstrakt.....	5
Úvod.....	11
1. Teoretická část.....	12
1.1. Geoinformatika	12
1.2. Geografické informační systémy	13
1.3. Historie a využití geografických informačních systémů.....	14
1.4. Komponenty GIS	17
1.5. Typy dat a jejich reprezentace v GIS	19
1.5.1. Negrafická data	19
1.5.2. Grafická data.....	20
1.5.3. Vektorová reprezentace dat	20
1.5.4. Rastrová reprezentace dat	22
1.6. Datové modely v GIS.....	23
1.6.1. Vrstvový model.....	23
1.6.2. Objektový model.....	24
1.7. Naplňování databáze GIS.....	24
1.7.1. Primární zdroje dat.....	25
1.7.2. Sekundární zdroje dat	25
1.8. Určování zeměpisné polohy	26
1.8.1. Soustavy souřadnicových systémů	27
1.8.2. Souřadnicové systémy	28
1.9. GIS aplikace	28
1.9.1. ArcGIS	29
1.9.2. Quantum GIS (QGIS)	29
1.9.3. GRASS GIS	29
1.10. Modelové sítě a jejich výstavba	29
1.10.1. Odvozený model území.....	30
1.10.2. Generátor modelových sítí	32
1.10.3. Stávající řešení automatizovaného přístupu k tvorbě modelových sítí.....	33
2. Praktická část.....	35

2.1.	Výstavba modelové sítě	35
2.1.1.	Předzpracování dat.....	35
2.1.2.	Budování geometrického modelu	36
2.1.3.	Tvorba síťového modelu	37
2.1.4.	Práce s programem GMSH.....	37
2.2.	Návrh automatizace výstavby geometrie modelu	42
2.2.1.	Body (Point).....	42
2.2.2.	Linie (Line)	43
2.2.3.	Duplicitní údaje.....	43
2.2.4.	Povrch (Surface)	44
2.2.5.	Objem (Volume)	46
2.3.	Programovací jazyk a vývojové prostředí.....	50
2.3.1.	Programovací jazyk Java	50
2.3.2.	Vývojové prostředí NetBeans IDE	50
2.4.	Vstupní data aplikací.....	51
2.4.1.	Formát dbf.....	51
2.4.2.	Struktura dat vstupního souboru dbf pro aplikaci Převod DBF do GEO ...	52
2.4.3.	Vstupní soubor pro aplikaci Extrude from GEO	54
2.5.	Návrh aplikací	54
2.5.1.	Aplikace Převod DBF do GEO.....	54
2.5.2.	Aplikace Extrude from GEO	56
2.6.	Práce s aplikacemi.....	56
2.6.1.	Aplikace Převod DBF do GEO.....	56
2.6.2.	Aplikace Extrude from GEO	58
2.7.	Ověření navržených řešení	59
2.7.1.	Úloha č. 1	59
2.7.2.	Úloha č. 2.....	64
	Závěr	66
	Seznam použité literatury	68

Seznam obrázků

Obr. 1. Vědní disciplíny a oblasti lidské činnosti, které se podílely na formování GIS (Tuček, 1998).....	15
Obr. 2. Hlavní směry vývoje systémů pro zpracování geografických dat (Rapant, 2002)	16
Obr. 3. Hlavní skupiny softwarových modulů GIS (Tuček, 1998).....	18
Obr. 4. Vektorový a rastrový model dat (upraveno dle Břehovský , 2005).....	23
Obr. 5. Znázornění principu vrstevného modelu (zdroj http://www.arcdata.cz/oborova-reseni/co-je-gis/ , 2012)	24
Obr. 6. Srovnání zemského povrchu, elipsoidu a geoidu (Čapek, 1992)	26
Obr. 7. Geografický a Kartézský souřadnicový systém (Rapant, 2002).....	27
Obr. 8. Geometrie modelu (zobrazená v programu GMSH)	33
Obr. 9. Geometrie modelu vyplněná sítí (zobrazeno v programu GMSH).....	33
Obr. 10. Bodová vrstva (Maryška a kol., 2008)	36
Obr. 11. Interpretace bodů a linií v programu GMSH.....	37
Obr. 12. Možný výskyt duplicity bodů	44
Obr. 13. Geometrie modelu a problematika při definování povrchů.....	44
Obr. 14. Výběr kontinuálního sledu linií mezi dvěma uzly.....	46
Obr. 15. Použití modulu Extrude na body, ke kterým jsou definovány linie	47
Obr. 16. Použití modulu Extrude na linie geometrie modelu	47
Obr. 17. Původní povrch před použitím transformace modulu Extrude.....	48
Obr. 18. Výsledný objem po aplikování modulu Extrude na povrch geometrie modelu.....	48
Obr. 19. Grafické prostředí aplikace Převod DBF do GEO	57
Obr. 20. Grafické prostředí aplikace Extrude from GEO	59
Obr. 21. Vstupní data (zobrazeno v programu GRASS GIS)	60
Obr. 22. Výstupní soubor aplikace Převod DBF do GEO	61
Obr. 23. Uzavření linií v programu GMSH	62
Obr. 24. Definované povrchy v programu GMSH	62
Obr. 25. Výstupní soubor aplikace Extrude from GEO (zobrazený programem GMSH)	63
Obr. 26. Geometrie modelu vyplněná modelovou sítí ve 3D	63
Obr. 27. Vytvořená geometrie modelu	64
Obr. 28. Upravená geometrie modelu aplikací Extrude from GEO	65
Obr. 29. Vyplnění geometrie modelu modelovou sítí ve 3D.....	65

Seznam tabulek

Tab. 1. Exportovaná data z bodové vrstvy do formátu dbf.....	41
Tab. 2. Šablona v tabulkovém procesoru pro definování bodů pro program GMSH....	41
Tab. 3. Ukázka vstupních dat v souboru formátu dbf.....	53
Tab. 4. Část předzpracovaných dat pro aplikaci Převod DBF do GEO.....	60

Seznam použitých zkratk a symbolů

AM/FM	Automated Mapping and Facility Management Systems
ASCII	Americký standardní formát pro výměnu informací
CAD	Computer Aided Drafting, Computer Aided Drawing
DPZ	Dálkový průzkum Země
GIS	Geografické Informační Systémy
GMSH	Automatický generátor konečných sítí ve 3D
GNU/GPL	Všeobecná veřejná licence GNU
GPS	Global Position Systém
GRASS GIS	Geographic Resources Analysis Support Systém GIS
GUI	Graphical User Interface, grafické uživatelské rozhraní
JDK	Java Development Kit
JVM	Java Virtual Machine
QGIS	Quantum GIS
Mesh model	modelová síť, síťový model
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NOAA	National Oceanics and Atmospheric Administration
SŘBD	Systém řízení báze dat
S-JTSK	Souřadnicový systém Jednotné trigonometrické sítě katastrální
S-42	Souřadnicový systém 1942
WGS 84	World Geometric System

Úvod

V dnešní době je možné využívat nové technologie a přístupy k mnoha činnostem. Jednou z oblastí mladých věd je geoinformatika. S geoinformatikou se nesou oblasti vývoje a aplikace metod, které řeší problémy související s geovědami, či jinými příbuznými obory. Spojením geověd a potenciálu výpočetní techniky, umožňuje matematické modelování, které by v nedávné době nebylo možné. Modelovat lze různé procesy, např. proudění podzemních vod. Pro každé modelování je potřeba kvalitního a dostatečného modelu. Geografické informační systémy umožňují částečnou výstavbu geometrických modelů. Každý model je však zpravidla jedinečný vzhledem k účelu, ke kterému je budován.

Cílem diplomové práce je právě řešení problému automatizace výstavby geometrie modelových sítí. Pro nalezení řešení takového problému je nutné prostudování problematiky výstavby geometrie modelových sítí a následné analyzování průběhu výstavby. Automatizace se obecně provádí převážně k urychlení, či zjednodušení rutinních činností, navrhnutá řešení by neměla takovému předpokladu odporovat.

Diplomová práce je rozdělená na dvě části – teoretickou a praktickou. V teoretické části je provedená rešerše literatury daného tématu. Praktická část se zabývá analyzováním současných metod výstavby geometrie modelu a popisuje možné návrhy na automatické budování geometrie modelu. Navrhnutá řešení jsou dále ověřována vytvořením geometrických modelů s použitím reálných dat.

1. Teoretická část

Teoretická část práce popisuje geografické informační systémy a jejich historii, včetně možných způsobů získávání dat. Dále je rozebírána geometrie modelových sítí, včetně popisu současných návrhů pro automatizovanou výstavbu modelových sítí.

1.1. Geoinformatika

Geoinformatika je poměrně mladá vědní disciplína. Značné množství dat má určitý vztah k zeměpisné poloze. Praktické i teoretické důvody k práci s takovými daty vedly ke vzniku geoinformatiky, která se specializuje na zpracovávání geodat a rozvoj technologií s nimi spojených (Kolejka a Petr, 2005).

Geoinformatika je jednou ze specializovaných disciplín, stojících na hranici informatiky, přírodních a technických oborů (Schejbal a kol. 2006).

Podle Muraie (1997) se jedná o vědu mnoha oborů, která měří, zaznamenává, zpracovává, analyzuje a znázorňuje prostorová data.

Z výše uvedeného vyplývá, že neexistuje jedna jediná definice geoinformatiky. Geoinformatika je velmi obsáhlá věda a ani jedna z definic nedokáže vystihnout její celou podstatu. V obecné rovině jde o spojení informatiky a geografických věd. Informatická část se stará o analýzu, zpracování a nakládání s daty, které naplňují geovědy.

Data lze získat např. měřením na geoobjektech. Geoobjekt je část modelované reality, kterou lze zjednodušit pro zpracování v geografickém informačním systému (GIS) a modelovat ji jako jeden objekt. (Schejbal, 2006).

Geoobjekt je definován (Schejbal, 2006):

- geometrickou charakteristikou (prostorová pozice a tvar)
- tematickou doménou, která je vyjádřena atributy popisující jejich vlastnosti
- hierarchickým uspořádáním v prostoru
- topologií (vztahy) mezi objekty
- dynamikou (časovými změnami)

Geoinformatika je nový subjekt v geovědách, jejíž části výzkumu a aplikací jsou např. získávání digitálních geo údajů v terénu, globální polohovací a navigační systémy, geografické informační systémy, digitální kartografické systémy, trojrozměrné vizualizace, numerické simulační modely, prognostické modely pro prostorové procesy a další (Tuček 1998).

1.2. Geografické informační systémy

Jednoznačná definice pojmu GIS neexistuje. Pojem GIS se často používá pro označení geograficky orientované počítačové technologie, integrovaných systémů pro různé aplikace, jakož i nové disciplíny, které se neustále vyvíjí a rozšiřují (Tuček, 1998). Přístup k geoinformačním systémům je dán několika možnými pohledy na danou oblast vědění. Přístupy k chápání GIS se odvíjejí od problematiky technologických řešení, až po lidské zdroje, které provádějí obsluhu systémů. Z tohoto pohledu je možné GIS rozdělit do několika oblastí, které se však vzájemně prolínají a ovlivňují.

Dle Tučka (1998) těmito oblastmi jsou:

- GIS jako technologie – vědní obor, kde je GIS systémem pro realizace hardwarového a softwarového vybavení
- GIS jako aplikační nástroj – GIS představuje informační systém „geografického typu“, který využívají organizace či instituce (např. městský úřad může využívat vlastní GIS)
- GIS jako software – soubor programů pro správu a analýzu prostorových dat

Informační systém uchovává, znovu získává, spojuje a vyhodnocuje informace. Dělit informační systémy lze i podle oblasti působení aplikací. Za „geografické“ informační systémy můžeme považovat systémy pro zpracování geografických údajů. Z širšího pohledu lze tedy přiřadit ke geografickým informačním systémům všechny systémy, které pracují s údaji vázanými k zemskému povrchu (např. tabulkové procesory). V užším pohledu jde o systémy, které vykonávají operace typu digitalizace mapových podkladů, tvorba mapových podkladů, kartografické projekce, potřebné analýzy apod.

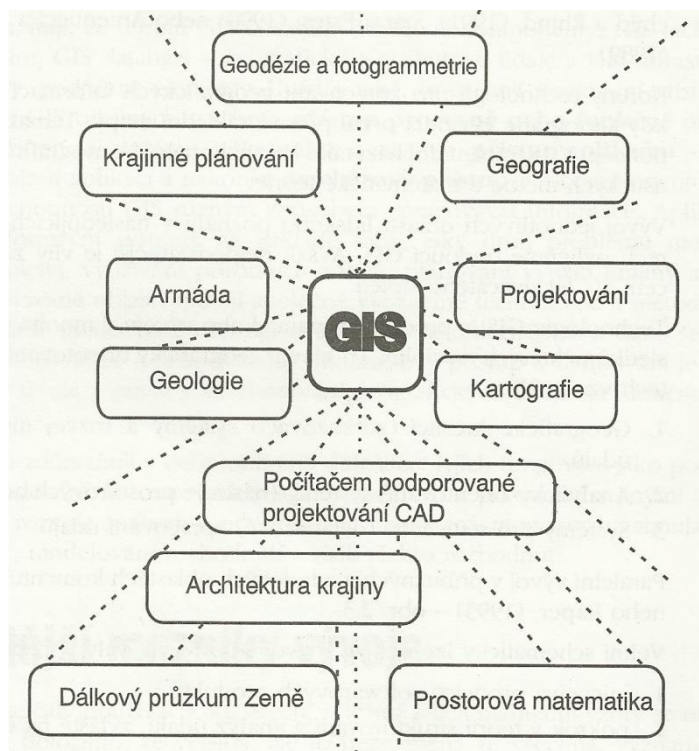
GIS je kolekce počítačového technického vybavení, programového vybavení, geografických údajů a personálu, určená k účinnému sběru, ukládání, údržbě, manipulaci, analýze a zobrazování všech forem geograficky vztažené informace (dle definice Neumanna 1996 – Tuček 1998). Důležité je přijetí GIS za komplexní systém (celek). Ve kterém hrají roli nejen technické systémy a aplikace, ale i lidské zdroje a postupy s nakládáním dat.

1.3. Historie a využití geografických informačních systémů

Lidé od pradávna zaznamenávali znalosti o okolním světě, ve kterém se pohybovali. Nástěnné malby později doplňovali o textové informace. Grafický směr vyústil mimo jiné i do vzniku kartografie (vznik prvních kreslených map se datuje do 13. století před naším letopočtem). Textový směr vyústil mimo jiné do vzniku různých seznamů, kartoték, registrů, apod. Jako první případ užšího propojení se uvádí vznik katastru nemovitostí v minulém století, který se skládal jak z mapové části (katastrální mapy), tak i z textové části (písemného operátu). Vazba mezi oběma složkami byla přesně definována, bylo tedy poměrně snadné vyhledat odpovídající informace. (Rapant, 2002).

Do vývoje grafického i textového směru velice výrazně promluvily počítače. Vznikla celá řada programů, které umožňují graficky zaznamenávat, zpracovávat a prezentovat data, jako např. systémy CAD (doslova počítačem podporovaný vzhled nebo počítačové kreslení) Voženílek (1998).

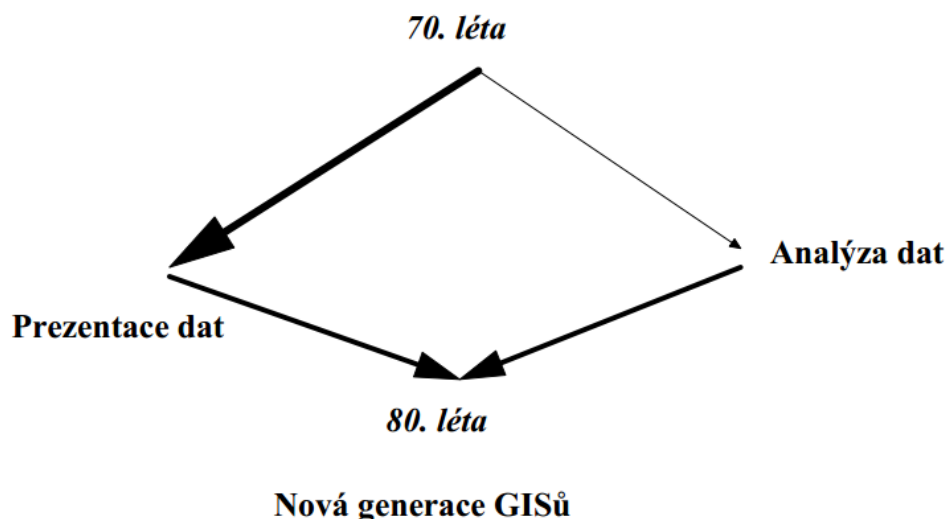
Počítačové GIS se začaly používat v 60. letech 20. století. O pokroková řešení se zasloužily organizace US Bureau of the Census, US Geological Survey, Harvard Laboratory for Computer Graphics nebo Experimental Cartography Unit (Tuček, 1998). V tomto období se do vývoje GIS začaly zapojovat také univerzity. Na formování GIS se podíleli různé vědní disciplíny a obory (Obr. 1.).



Obr. 1. Vědní disciplíny a oblasti lidské činnosti, které se podílely na formování GIS (Tuček, 1998)

Kromě GIS se do stádia vývoje dostávaly také počítačové mapové systémy (Computer Mapping System, zkr. CMS, později Computer Aided Cartography, zkr. CAC). U těchto systémů byl kladen důraz na kartografickou přesnost. Prezentační složka dat převážila nad analytickou částí systémů. (Rapant, 2002).

Následně docházelo k rozvoji počítačových map, standardizaci formátů i budování otevřených systémů. Stranou nezůstala ani komercializace řešení. Data ovšem nebylo nutné pouze zobrazovat, ale také zpracovávat. Nedostatek analytických metod, pro zpracování dat, vedlo k rozvoji analytické části GIS (Obr. 2.). Technologie GIS je produktem paralelního vývoje v mnoha oblastech.



Obr. 2. Hlavní směry vývoje systémů pro zpracování geografických dat (Rapant, 2002)

Geografické informační systémy lze využít prakticky ve všech oblastech vědění, ve kterých je zapotřebí pracovat s prostorovými daty. GIS neumožňují pouze geografickou interpretaci dat. Důvodem nasazení GIS je právě v jejich schopnostech analyzování dostupných dat. S jejich pomocí je možné pomocí analýz získávat souvislosti a odhalovat kauzality možných událostí, které by použitím „prostého“ počítačového mapového systému nebylo možné odhalit.

Nasazení GIS lze nacházet v mnoha oborech, které spojuje potřeba analyzování informací. Mezi obory využívající GIS např. patří (Rapant, 2002):

- státní správa a samospráva,
- životní prostředí,
- územní rozhodování,
- dopravní infrastruktura,
- krizové řízení,
- finanční sféra,
- telekomunikační sféra,
- regionální rozvoj,
- armáda,
- vzdělávání

U některých zájmových oblastí by nemusely být na první pohled patrné výhody a důvody pro nasazení GIS, neboť nemusejí mít zdánlivé spojení s polohovými daty. Finanční sféra může např. analyzovat data spojená s místy ohroženými povodněmi (záplavové oblasti), oblastmi s velkou pravděpodobností sesuvu půdy. Vyskytují se i analýzy míry kriminality a jejich následné aplikování na městské čtvrti. Všechny tyto faktory (a mnoho dalších) mohou sloužit pro část výpočtu pojistného a získání odhadu rizikovitosti dané oblasti.

GIS mohou provádět různé analýzy a dotazy nad potřebnými daty. Lze hledat např. nejrychlejší/nejoptimálnější trasu mezi objekty, které najde využití nejen u složek záchranného integrovaného systému, ale také u plánování tras, navigací a v mnoha dalších oborech. Pro opravu kanalizací, inženýrských sítí apod. se dají využít GIS pro lepší koordinaci zúčastněných subjektů a vedou k zefektivnění procesu opravy.

Výše uvedené naznačuje, že GIS mohou být využity v mnoha vědních oborech. Mohou však najít uplatnění i v čistě komerční sféře. Především záleží na systému a jeho schopnosti práce s daty. Potvrzuje se tak komplexnost GIS, která záleží nejen na systému, ale také na kvalitě dat, se kterými systém bude pracovat.

1.4. Komponenty GIS

GIS se primárně skládá z několika komponent:

- Hardware
- Software
- Personální zdroje
- Data

Hardware

Soubor hardwarových prvků, které jsou nutné pro provoz GIS. Především se jedná o pracovní stroje, na kterém GIS běží. Může jít o PC, ale i víceuživatelské systémy. Kromě zpracovávání dat jsou GIS určené také pro interpretaci analyzovaných informací. Výstupní periferie starající se o zobrazení výstupů v podobě tiskáren, plotrů

či monitorů. Mimo výstupní periferie existují také vstupní zařízení, které jsou zastoupeny např. skenery nebo digitizéry¹.

Software

Obecně jsou GIS běžně tvořeny velkým počtem programových modulů. Schopnost ukládat a obhospodařovat prostorové údaje, s použitím geografické databáze, je nejdůležitější vlastností GIS (Tuček 1998). GIS software jsou programy/moduly, které jsou schopny pracovat (analyzovat, prezentovat, shromažďovat) s daty v geografickém databázovém systému. Mezi hlavní skupiny modulů patří zpracování vstupních údajů, prostorové analýzy, uživatelské prostředí a další (Obr. 3.).



Obr. 3. Hlavní skupiny softwarových modulů GIS (Tuček, 1998)

Personální zdroje

Jakkoli kvalitní systém závisí také na kvalitní obsluze. Obsluha zahrnuje budování týmů (včetně procesu školení pracovníků). Do lidských zdrojů dále spadají specialisté na technickou údržbu a vhodný výběr systémů (včetně integrace technologií do stávajícího ekosystému).

Data

Aby mohla obsluha s GIS pracovat, musí být databáze GIS naplněna daty. Proto jde o jednu z důležitých částí základních komponent GIS. Na získání dat se také v rámci GIS vynaloží nejvíce nákladů. Prostorová (geografická) data mohou získat subjekty vlastní cestou (např. měřením) nebo mohou být zakoupena z komerčního prostředí.

¹ Zařízení schopné snímat průběh čar z analogového podkladu (např. mapy) a zjišťovat souřadnice bodů/čar (Tuček 1998).

1.5. Typy dat a jejich reprezentace v GIS

Geografická data používaná v GIS nepředstavují přímo reálné objekty. Geodata „pouze“ popisují realitu světa/objektů. Geografická data lze rozdělit na grafická a negrafická. Grafická data (tzv. prostorová) reprezentují grafické (vizuální) zobrazení dat. Negrafická data se označují jako atributy (Voženílek, 1998). Pro popis geografických dat se používá vektorová a rastrová reprezentace dat.

Geoobjekty mohou být modelovány v různých dimenzích. V topologii geoobjektů se pracuje maximálně s trojdimenziálním (trojrozměrným) prostorem. Podle počtu dimenzí, ve kterých je objekt modelován (zaznamenáván), lze rozlišit dimenze (Tuček, 1998):

- Bezrozměrné 0 - D: objekty mají určenou polohu v prostoru. Nemají danou délku nebo plochu. Data není vhodné interpretovat pomocí jiných objektů, než bodů.
- Jednorozměrné 1 - D: úseky přímých čar o konečné délce. Linie, které mají svoji délku.
- Dvourozměrné 2 - D: polygony, které mají definovanou konečnou plochu (polygon má definovanou šířku a délku).
- „2,5“ D: takto jsou označovány objekty, u kterých je z souřadnice (výška/hloubka) zaznamenána ve formě atributu. Povrch je plocha s přiřazenými hodnotami v každém jejím bodě, tedy i v bodech vnitřních např. nadmořská výška (Břehovský, 2005).
- Trojrozměrné 3 - D: tělesa, které mají svůj objem. Objekt má v záznamu délku, šířku a hloubku (výšku).

1.5.1. Negrafická data

Negrafická data neboli atributy, nesou informace o vlastnostech objektů, které je tak možné charakterizovat. Atributy mohou být různá data obsažená v tradičních databázích, např. hodnoty (celá nebo reálná čísla) nebo texty. Negrafická data obsahují údaje o nadmořských výškách vrstevnic, názvech budov, možném zatížení komunikací atd.

1.5.2. Grafická data

Grafická data zprostředkovávají zobrazení geografického umístění (geometrická data umístěná v souřadnicovém systému) a vzájemné vztahy geoobjektů (topologie objektů).

1.5.3. Vektorová reprezentace dat

Popis prostorové situace, ve vektorové struktuře, se opírá o vyjádření geometrie prostorových objektů přes jejich lineární charakteristiky. Základními elementy vektorových dat jsou (Tuček, 1998):

- Body – bod je jednoznačně definovaný svým vektorem souřadnic ve vektorovém prostoru
- Linie – orientované úsečky definované počátečním a koncovým bodem,
- Plochy – uzavřený polygon. Hranice polygonu je tvořena uzavřenou soustavou linií.

Vektorová struktura je založená na popisu složitých objektů pomocí jednoduchých elementů (bodů, linií). Existuje několik modelů, které umožňují reprezentaci geografických objektů pomocí vektorového zobrazení. Modely se liší ve složitosti struktur dat i ve využívání topologických vztahů.

Špagetový model

V modelu je každý objekt uložen samostatně a je lokalizován sestavou souřadnic určitého počtu bodů, které se k jeho popisu použijí (Kolář, 2003). Takový model neobsahuje žádné informace o vzájemných vztazích mezi objekty. Např. silniční síť může být znázorněna několika samostatnými čárovými objekty, u kterých však není vyznačeno, že by měly na sebe v určitých místech navazovat a tvořit jeden celek. Obsah modelu je tvořen prostým seznamem objektů s jejich souřadnicemi. Jedná se tak o nejjednodušší model pracující s vektorovou reprezentací. Model prakticky vychází z principu digitalizace map. Pro prostorové analýzy je špagetový model zpravidla nevyhovující, neboť je nutné provádět rozborů prostorových vztahů objektů před každou započatou analýzou. Z principu modelu také vyplývá nevýhoda v podobě duplicitních dat, kde např. společná linie je uložena tolikrát, kolikrát je zastoupena v každém polygonu modelu.

Topologický model

Model vyjadřuje spojení a vazby mezi objekty nezávisle na jejich souřadnicích. Bod může mít přiřazený vztahový údaj, v takovém případě je označován jako uzel. Vztahový údaj může určovat např. samostatný bod nebo bod, v němž se stýkají dva spoje (liniové úseky mezi dvěma uzly). Všechny vazby jsou v topologickém modelu uspořádané do zvláštních tabulek (topologické tabulky), které jsou doplněny tabulkami souřadnic (stejně jako u špagetového modelu).

Topologický model je výhodný pro rychlou analýzu prostorových funkcí. Z topologických tabulek je možné rychlé získání informace např. o poloze objektu vůči jinému objektu nebo provést výběr všech objektů ležících v daném polygonu.

Nevýhodou modelu je neuspořádání záznamů. Z toho vyplývá např. nutnost několikerého sekvenčního prohledávání dat pro nalezení všech linií určitého polygonu. Topologický model je složitější než špagetový model. Vzhledem k většímu množství dat může být např. nevýhodou potřebný výpočetní čas při výpočtu uzlů. Při vložení nových dat je také nutné upravovat všechny topologické tabulky.

Hierarchický model

Model odstraňuje neefektivní vyhledávání v topologickém modelu. Využívá se logická návaznost (hierarchie) ve stavbě polygonů. Polygon je tvořen liniemi a linie se skládají z bodů. Hierarchický model zahrnuje odkazy mezi liniemi, body a polygony. Právě tyto odkazy umožňují snadnější vyhledávání objektů ve srovnání s topologickým modelem.

Prostorové a atributové složky GIS jsou ve vektorovém zápisu vázané k identifikátorům objektů, které jsou tvořeny základními prvky vektorových dat. Výhodou vektorové interpretace dat je v jejich objektové orientaci, kde je možné pracovat s jednotlivými objekty jako samostatnými celky. Vyhledávání, úprava a generalizace (zobecňování) objektů je jednoduché. Paměťová náročnost je nižší než u rastrového formátu. Díky geometrické spojitosti je možné vykreslovat grafiku do kvalitního a podrobného výstupu, který je znázorněním blízky mapám. Nevýhodou vektorové interpretace dat je složitější odpovídání na polohové dotazy. Řešení

překrývání více tematických podkladových vrstev je obtížnější než u rastrového formátu.

1.5.4. Rastrová reprezentace dat

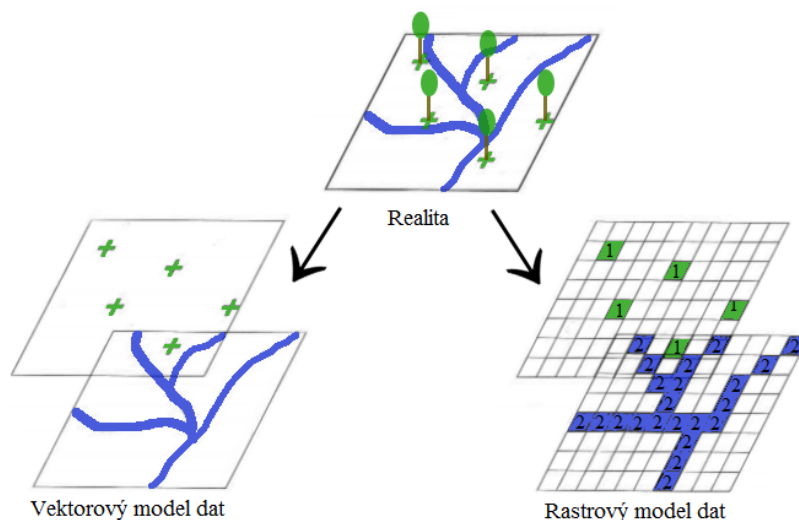
Základní jednotku rastrového zápisu dat představuje obrazový bod (pixel). Pixely jsou součástí mřížky (rastru), která je tvořená pravidelnou sítí sloupců a řádků. Poloha zájmového objektu je dána souřadnicemi protnutí sloupce a řádku. Rastrový formát se využívá např. u digitalizovaných obrazů nebo nasnímaných dat. Dle Voženíka (1998) data uložená v pixelech nemusí nevyhnutelně vypovídat o jevech, které jsou možné pozorovat na povrchu Země, ale přesto se pro popsání struktury někdy používá označení obrazy.

V rastrovém modelu je přímá provázanost s polohovými a atributovými daty. Pixel se vyskytuje v konkrétních souřadnicích a zároveň jsou do něj ukládány jemu odpovídající informace. Díky tomu lze snadno získat informace o obsahu informací přiřazených pixelu, pokud jsou známy jeho souřadnice. Získání takových informací je tedy jednodušší, než u vektorového formátu. U rastrových dat lze využít průhlednosti. Neboli překrývání několika tematických podkladů zobrazených na sobě a jejich možné porovnávání.

Rastrový zápis je ve srovnání s vektorovým zpravidla datově náročnější. Nevýhodou může být také přesnost rastrových dat, která je závislá na velikosti pixelu, resp. rozlišení rastru. Přiblížením rastrového vyjádření (a tím rozdělení obrazu na dostatečně malé pixely) dochází ke zvyšování objemu dat, které je nutné uložit.

Povaha geografických databází s kombinací vektorových a rastrových dat působí nutnost provádět konverze mezi datovými modely:

- Vektorizace – převod rastrových dat do vektorové formy
- Rasterizace – převod z vektorové do rastrové formy



Obr. 4. Vektorový a rastrový model dat (upraveno dle Břehovský , 2005)

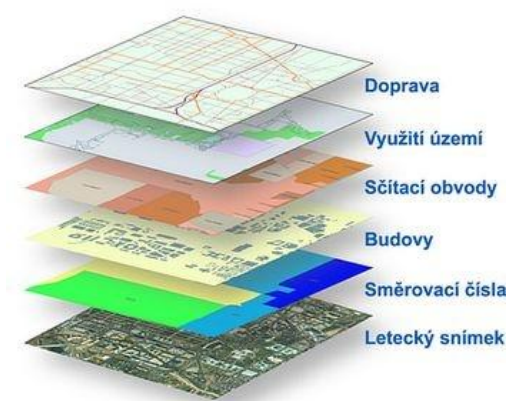
1.6. Datové modely v GIS

V GIS se pro modelování tematických struktur používají dva základní modelové přístupy:

- Vrstvový model
- Objektový model

1.6.1. Vrstvový model

Vrstvový model pracuje se strukturou dat v podobě vrstev. V jednotlivých vrstvách jsou sdružovány typově příbuzné objekty. Různé tematické okruhy se vzájemně oddělují do odlišných celků (vrstev). Lze pracovat s jednou i více vrstvami najednou. Požadované vrstvy však musí odpovídat identickému souřadnicovému systému i měřítku. Z vrstevního modelu je tedy možné vybrat jen oblasti zájmu (silniční síť, vodovodní síť, rozlišení územních celků apod.) a nepotřebné informace vypustit. Vypnutím nepožadovaných vrstev nedojde ke ztrátám těchto informací ani k ovlivňování analýz těmito daty. Dojde pouze k vypnutí nezájmových oblastí. Struktura modelu je patrná z Obr. 5.



Obr. 5. Znáznornění principu vrstvého modelu (zdroj <http://www.arcdata.cz/oborova-reseni/co-je-gis/>, 2012)

1.6.2. Objektový model

Jde o novější přístup v modelování, který je založený na principu objektového modelování údajů (Tuček, 1998). Využívá principů objektově orientovaného programování. Každý objekt má přiřazené své chování, topologii i geometrii. Objekty se mohou sdružovat ve třídách, které představují obecný obrys pro všechny objekty, které jsou ve třídě obsaženy. Objekty mohou mít vzájemně definované hierarchické vztahy. Podtřídy mohou dědit atributy a metody.

1.7. Naplňování databáze GIS

Na získávání dat a naplňování (budování) databáze se vynakládají značné prostředky. Vybudování databáze geografických dat je jednou z nejvýznamnější a také nejpracnějších činností v rámci GIS. V současné době se projevují dvě tendence v souvislosti s poskytováním údajů. Existují veřejné zdroje dat, které mohou být reklamou společností, ale i státní správě, která taková data poskytuje. Na druhé straně se značné množství údajů vytváří pro vlastní potřebu či další komerci, díky které vzniká trh s geografickými údaji, které jsou dostupné zpravidla v elektronické podobě.

Cílem zaznamenaných údajů je jejich dlouhodobé uchovávání. Podle typu záznamu a použitého datového nosiče se rozlišují záznamy analogové a digitální. V současné době existují rozvinuté metody pro primární digitální zaznamenávání některých veličin přímo při měření. Analogové záznamy je, pro využití v počítačovém prostředí, nutné digitalizovat. Tedy převést analogovou formu na digitální (Tuček, 1998).

Zdroje získávaných dat lze rozdělit na dva typy, které se odlišují ve fázi sběru dat. Rozdělují se na:

- Primární zdroje dat
- Sekundární zdroje dat

1.7.1. Primární zdroje dat

Data jsou získávána přímým měřením (snímáním) zkoumaných jevů. Mezi přímá měření patří např. geodetická měření, dálkový průzkum Země (DPZ) nebo fotogrammetrie.

Při získávání dat z primárních zdrojů nemusí být vyžadován fyzický kontakt měřicí techniky s měřenou veličinou. Pro geodetická měření se používají např. laserové dálkoměry s úhломěrem, které nevyžadují fyzický kontakt s měřenými objekty. Obdobně se „bezkontaktní“ přístup získávání dat využívá u DPZ, kde jsou získané informace např. v podobě leteckých snímků. DPZ zahrnuje nejen samotné pořizování snímků, ale také vyhodnocování pořízených záznamů (Čapek, 1992). Fotogrammetrie se využívá pro získání údajů (rozměr, tvar, poloha atp.) z fotografických snímků, pokud jsou známy některé vlastnosti vyfotografovaných objektů.

1.7.2. Sekundární zdroje dat

Mezi sekundární zdroje dat se řadí data, která jsou obsažena v již existujících kartografických pokladech. Data byla primárně získávána měřením, či procesem zjišťování, během mapovacího procesu (Tuček, 1998). Data již existují v kartografických podkladech, ale pro potřeby naplnění geografické databáze vyžadují další úpravy. Mezi nejčastější úpravy dat se řadí digitalizace dat. Pokud mají mít upravené informace dostatečnou věrohodnost, je nutné znát jejich původ. Do původu dat však spadají také informace o procesech získávání dat, rozlišovacích schopnostech přístrojů, které byly k získání dat použity. Mezi důležité faktory patří také informace o měřítku, ve kterém jsou data zaznamenána.

Sekundární zdroje dat se v GIS využívají velmi často. Získat data ze sekundárních zdrojů je zpravidla méně finančně nákladné, než využití primárních zdrojů dat. Úskalí sekundárních zdrojů může být v nedostatečných informacích o vlastnostech

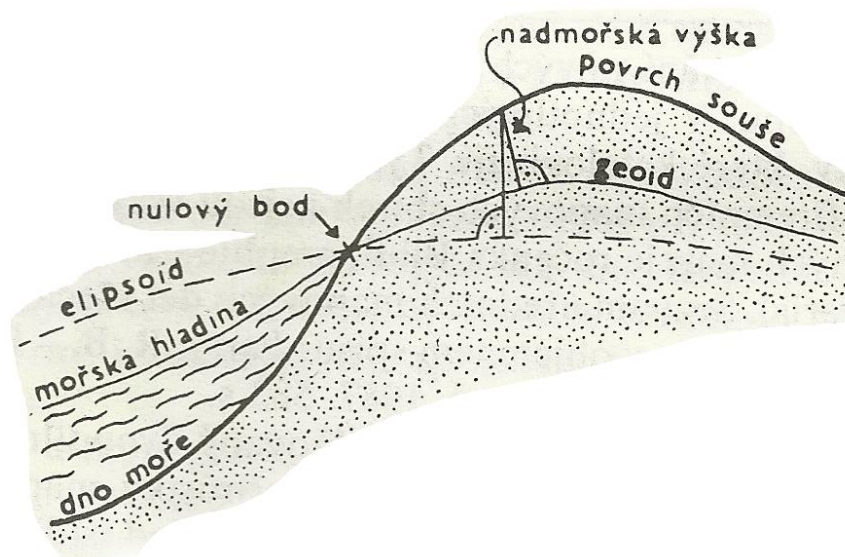
původu dat, případně aktuálnost informací, obsažených v původních kartografických systémech.

1.8. Určování zeměpisné polohy

Země je nepravidelné, kouli podobné těleso, jehož tvar nelze definovat matematicky, nýbrž pouze fyzikálně. Toto těleso se nazývá geoid. Geoid si lze představit jako plochu zemského tíhového potenciálu, která splývá s hladinou oceánů (nulovým bodem), pokud by byly propojené. Vzhledem k nerovnoměrnému rozmístění hmoty v zemské kůře, které ovlivňuje tíhový potenciál, není povrch geoidu hladký, ale zvlněný (Čapek, 1992).

Aby bylo možné zaznamenávat a později modelovat objekty (jevy, útvary apod.), bylo nutné najít způsob, jakým by bylo možné zaznamenat polohu objektu na povrchu Země. Řešením bylo nalezení ideálního tvaru, blížícího se k tvaru povrchu Země, které je možné matematicky popsat.

Geoid nelze popsat matematicky, proto není hledaným ideálním tvarem. Plocha geoidu se však nejvíce přibližuje rotačnímu elipsoidu, který vzniká otáčením elipsy kolem malé osy. Rozměry poloos jsou vhodně volené tak, aby se elipsoid podobal co nejvíce geoidu. Elipsoid odpovídající takovým vlastnostem se nazývá referenční (náhradní) elipsoid. Referenční elipsoid se někdy označuje jako datum.



Obr. 6. Srovnání zemského povrchu, elipsoidu a geoidu (Čapek, 1992)

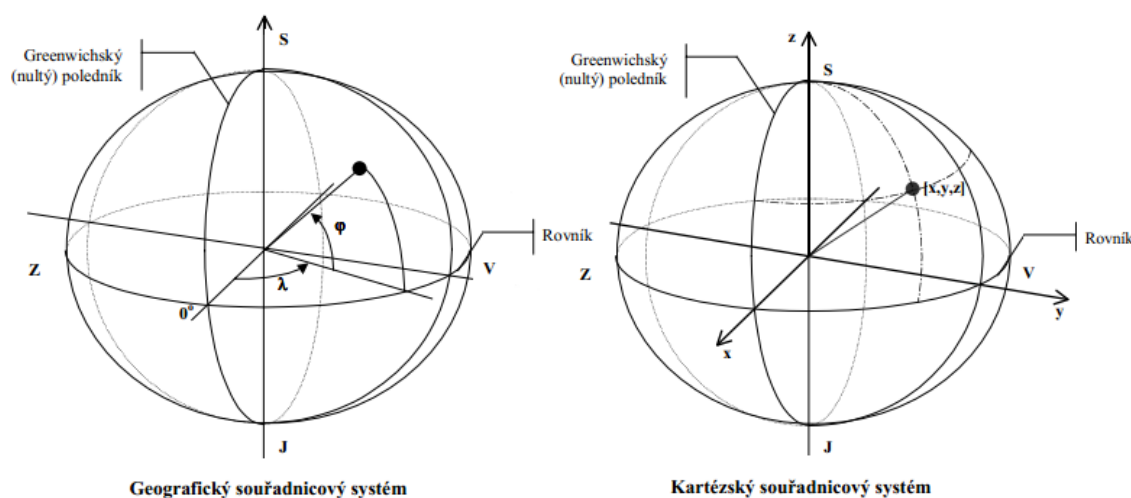
Lokální elipsoidy se používají jen pro omezené území povrchu Země. Takových elipsoidů je většina. Např. Besselův elipsoid pro Evropu nebo North American Datum (NAD83) pro Severní Ameriku.

Existují i referenční elipsoidy zahrnující celou planetu, např. WGS 84 (World Geodetic System), který byl zaveden roku 1984. K jeho stanovení posloužilo družicové měření. Dle Čapka (1992) je jeho maximální odchylka od geoidu ± 60 metrů. Nepoužívá se zpravidla přímo pro národní mapování. Využití nachází v navigačním systému GPS.

1.8.1. Soustavy souřadnicových systémů

Soustavy souřadnicových systémů se používají pro určení/zaznamenání polohy objektů na povrchu Země. Obvykle se využívají dvě základní soustavy souřadnicových systémů, které se vztahují k zemskému tělesu (Rapant, 2002):

- Geografický souřadnicový systém – poloha bodu je udávána pomocí zeměpisné šířky (φ) a zeměpisné délky (λ), které jsou udávány ve stupních. Zeměpisná délka nula stupňů odpovídá Greenwichskému (nultému) poledníku a zeměpisná šířka nula stupňů odpovídá rovníku (90° odpovídá pólům). Souřadnice lze doplňovat nadmořskou výškou, udávanou v metrech.
- Kartézský souřadnicový systém – počátek systému je ve středu Země. Bod udává trojice souřadnic $[x, y, z]$. Osy x a y leží v rovině rovníku. Osa x prochází průsečíkem nultého poledníku. Osa z je kolmá k osám x a y , obvykle se ztotožňuje s osou rotace Země.



Obr. 7. Geografický a Kartézský souřadnicový systém (Rapant, 2002)

1.8.2. Souřadnicové systémy

U záznamu částí zemského povrchu se převádí zakřivený povrchu do roviny. Právě souřadnicové systémy musejí jednoznačně definovat polohu objektů v daných jednotkách, rozlišují se:

- Globální souřadnicové systémy - jsou univerzálními nástroji pro popis celého povrchu Země. Nemohou tedy dosáhnout přesnosti lokálních souřadnicových systémů.
- Lokální souřadnicové systémy – upravené systémy vycházející z lokálně platných elipsoidů.

Na území České republiky jsou podle nařízení vlády z roku 1995 platné souřadnicové systémy:

- WGS 84 (Světový geodetický referenční systém 1984) – referenční plochou souřadnicového systému je elipsoid WGS 84.
- S-JTSK (Souřadnicový systém Jednotné trigonometrické sítě katastrální) – systém je založený na Křovákově zobrazení Besselova elipsoidu (Čapek, 1992). Lokální systém se využívá na území České a Slovenské Republiky. Křovákovo zobrazení bylo přizpůsobeno podlouhlému úzkému tvaru území bývalé Československé Republiky. Převážně se využívá u map, určených pro civilní účely.
- S-42 (Souřadnicový systém 1942) – používání souřadnicového systému S-42 bylo ukončeno ke konci roku 2005. S-42 byl nahrazen systémem WGS-84. Systém S-42 se využíval se pro vojenské mapování.

1.9. GIS aplikace

GIS aplikace mohou být volně dostupné v rámci freeware i open-source licencí. Existují také komerční řešení, u kterých se uživatelé mohou spolehnout na možné komplexnější pojetí oblasti GIS aplikací. GIS aplikace nemusejí být zastoupeny pouze desktopovými aplikacemi, které zastupují převážně volně dostupné řešení (např.

GRASS GIS či Quantum GIS). Zástupce komerčního řešení (ArcGIS) umožňuje využití nejen desktopových aplikací, ale také serverových prostředků pro distribuovaný přístup k systémům.

1.9.1. ArcGIS

Zřejmě nejznámější komerční řešení firmy ESRI, představující komplex produktů (serverových i desktopových) pro vybudování/správu GIS. Hlavními prvky architektury ArcGIS jsou: Desktop GIS, Server GIS, Mobilní GIS a GIS pro vývojáře. Největší zastoupení má kategorie Desktop GIS – ArcGIS Desktop, která zahrnuje např. ArcView (zobrazení a analýza GIS dat) či ArcReader (volně distribuovaný prohlížeč map).

1.9.2. Quantum GIS (QGIS)

Open-source zástupce v GIS aplikacích. QGIS je prohlížečem i editorem dat GIS, který vzniká od roku 2002. Produkt umí pracovat s vektorovými i rastrovými daty a využívá zásuvné moduly pro rozšiřování funkčnosti. Projekt je přizpůsoben většině operačních systémů (Windows, UNIX/Linux a Mac OS X).

1.9.3. GRASS GIS

Vývoj projektu GRASS GIS začala armáda USA. Později začal projekt GRASS GIS pronikat do akademické sféry. Jedná se o multiplatformní open-source GIS (obdobně jako QGIS). Mezi uživatele využívající GRASS GIS patří např. NASA nebo NOAA. Ovládání aplikace je možné pomocí GUI i přítomné příkazové řádky.

1.10. Modelové sítě a jejich výstavba

Matematické modelování v oblasti modelových sítí využívá metody konečných prvků. Pro úlohy matematického modelování jsou budovány prostorové modelové sítě. Aby modelová síť odpovídala kladeným požadavkům a měla dostatečnou vypovídající hodnotu, musí být správně zpracována geografická data, resp. geografický informační systém zájmové oblasti.

Zpracovávání geografických dat je vždy vztahováno k požadavkům matematického modelování. Během zpracování dat nesmí dojít k porušení návaznosti reálných a modelovaných dat. Využití GIS umožňuje získat potřebná data

s požadovanou přesností pro daný účel, nezávisle na velikosti území. Prvotním krokem, k vybudování prostorové modelové sítě, je vytvoření originálního geografického informačního systému pro odvozené modely. Modelování zájmové reality se provádí za účelem získání znalostí o vlastnostech zájmové reality.

1.10.1. Odvozený model území

Modelování zájmových objektů reality v prostoru a čase je účinným prostředkem poznávacího procesu, kde je model zjednodušené zobrazení skutečnosti, části objektivní reality (Malá a kol., 2009). Model území zahrnuje pouze části předlohy, které jsou důležité pro zkoumání reality, resp. předlohy reality požadované pro účely zkoumání. Od nepotřebných vlastností předlohy se upouští, dochází tedy k diskretizaci generalizaci (diskretizaci) objektivní reality na úroveň potřebnou pro daný účel.

Malá a Capeková (2008) uvádí, že odvozený model území (mesh model, síťový model) je geoinformační model, který je specifický svojí geometrií, organizací dat, mírou generalizace a aplikováním generalizačních metod v rámci všech fází výstavby modelu a v neposlední řadě svým účelovým využitím.

Geometrie odvozeného síťového modelu je daná počtem konečných (dvourozměrných a trojrozměrných) prvků v prostoru. Konečné prvky (elementy) obsahují zájmové území podle určených kritérií a daného prostorového rozlišení. Každý prvek modelovaného území nese informace o poloze v topologickém smyslu a dalších vlastnostech (atributech). Data se uspořádávají v souladu s geometrií modelu a jejich organizace nesmí být závislá na systému, ve kterém je odvozený síťový model budován a udržován. (Malá a Capeková, 2008).

Předloha odvozeného modelu

Předlohou odvozeného modelu není reálné zájmové území, ale vytvořený geoinformační systém území. Účel, pro který je model budován, definuje objekty a jejich vazby, které se promítnou do geografického informačního systému. Následně se objekty a jejich vztahy přenesou do odvozeného modelu a budou součástí geometrie modelu, následně síťového modelu. Kromě definování objektů a jejich vzájemných vztahů je při modelování nutné určit prostorové rozlišení modelu (označované také jako krok modelu), které závisí na měřítku modelování. Podle prostorového rozlišení se stanovují kritéria geometrické přesnosti a závisí na něm výsledný počet objektů

zanesených v modelu. Geometrická přesnost modelu je zadávána implicitně (hodnotou kroku, krok modelu bude např. 10m) nebo explicitně (nepřímým odvozením přesnosti kroku, stanovené z požadavku např. na 6 – 7 tisíc elementů ve výsledném mesh modelu). Dle Malé a kol. (2009) je u 3D modelových sítí obvyklý počet elementů 5 – 50 tisíc. Hustší síť mesh modelu umožňuje získat větší přehled o procesech v zájmové realitě. Větší hustota sítě však může způsobovat komplikace v dalším zpracování a následných výpočtech. Omezení počtu elementů a rozlišení modelu je dané zkušeností a praxí. V GIS lze připravit jakkoliv podrobná data, nadále však záleží hlavně na zadání a požadovaném účelu odvozeného modelu.

Generalizace odvozeného modelu

Při výstavbě modelové sítě dochází ke generalizaci objektů, která spočívá v zjednodušování geometrie objektů i v zobecňování vztahů mezi nimi. Míru generalizace ovlivňuje nejen účel, za jakým je modelová síť budována, ale také prostorové rozlišení modelu a předmět modelování. Na generalizaci se dá pohlížet jako na transformaci obsahu databáze. Účelem generalizace je odvození nové (zjednodušené) databáze od originální databáze dat. Odvozená databáze obsahuje méně detailní množinu dat, přizpůsobenou pro výstavbu síťového modelu, která je způsobena účelnou generalizací. Upouští se tedy od objektů, které nejsou důležité z hlediska účelu a dochází pouze k transformaci důležitých elementů (Malá a Capeková, 2008). Generalizací jsou tak transformovány objekty, které např. svojí velikostí „neodpovídají“ určitému rozlišení modelu. Např. modelované objekty, které mají šířku v řádu centimetrů (např. tektonické linie) při rozlišení modelu v řádu metrů, budou transformovány na linie. Taková šířka objektu je vzhledem k rozlišení modelu zanedbatelná. Transformací může docházet také k redukci objektů, pokud početní výskyt objektů je v určitém území pod rozlišovací schopností, která je dána rozlišením modelu. Dle Malé a Capekové (2008) může docházet také k opačnému jevu např. u modelování vodních toků, kde je vodní trasa v mesh modelu zastoupena množinou elementů, kudy vodní tok protéká. Původní vodní tok je reprezentován liniemi, v transformované databázi bude reprezentován plochou.

Grafická reprezentace odvozeného modelu

Grafická reprezentace elementů v modelování není nejdůležitějším aspektem a představuje spíše podřadnou roli. Nejdůležitější částí jsou topologické vztahy mezi

elementy. Mezi topologické vztahy patří např. vnoření (objekt obsahuje jiný objekt) nebo sousedství objektů. Kvalita modelu není ovlivněna případnou změnou grafické podoby modelu, způsobenou generalizací, pokud jsou zachovány topologické vztahy mezi objekty.

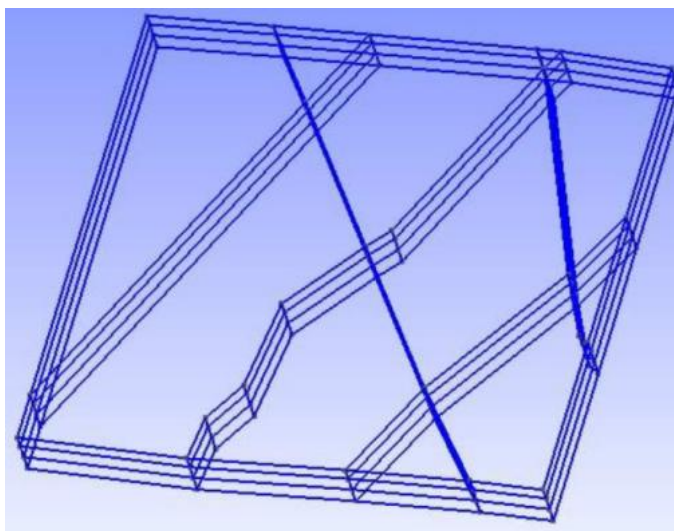
1.10.2. Generátor modelových sítí

Po zpracování odvozené databáze geografického informačního systému se využívá pro budování modelové sítě také program GMSH, který je šířen pod licencí GNU/GPL. GMSH je automatický generátor konečných sítí ve 3D s vestavěným CADem a schopností dalšího zpracování (Geuzaine a Remacle, 2012). Program poskytuje jednoduché nástroje pro testování sítí s parametrickým vstupem, který zároveň nabízí současné zobrazení. Vstupní data je možné zadávat do programu přes grafické uživatelské rozhraní (GUI) nebo pomocí textových souborů ASCII, které obsahují informace v požadované formě.

GMSH obsahuje v základu čtyři moduly (Geuzaine a Remacle, 2012):

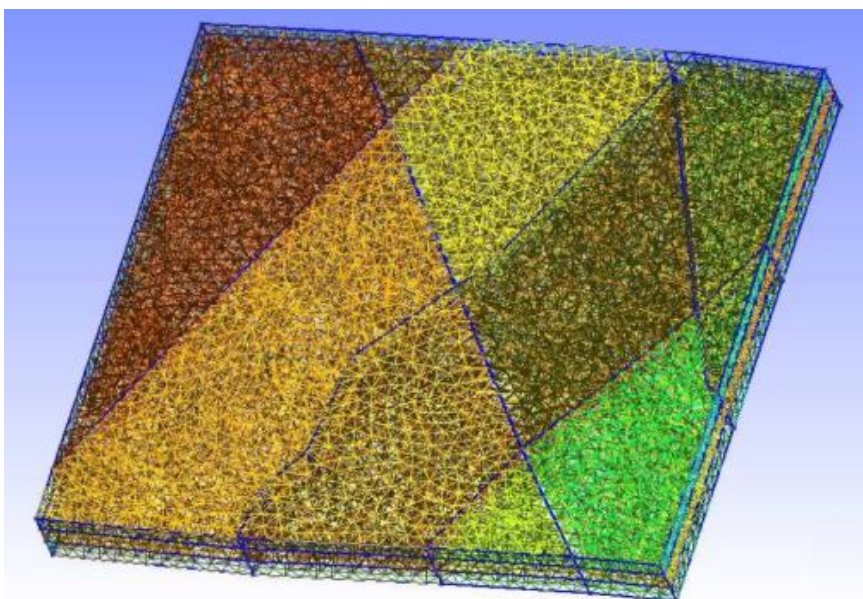
- Geometry (geometrie)
- Mesh (tvorba sítí)
- Solver (řešitel – umožňuje spustit externí výpočty a zpracovávat výsledky z post-processingu)
- Post-processing (následné zpracování)

Geometrie modelu v programu GMSH (Obr. 8.) staví na základech v podobě bodů. Za nimi následují další objekty: orientované linie (úsečky), orientované povrchy a objemy. Jednotlivé prvky geometrie mohou spadat do společných fyzických vrstev.



Obr. 8. Geometrie modelu (zobrazená v programu GMSH)

Geometrii modelu lze vyplnit modelovou sítí (Obr. 9.) za využití modulu uzlů (mesh modulu). Vyplněná modelová síť geometrie modulu může být složená z elementů ve tvaru: úsečky, trojúhelníku, čtyřúhelníku, hranolu, šesti-stěnu a jehlanu. Výsledné elementy modelové sítě se nekříží a v ideálním případě jsou všechny stejně velké.



Obr. 9. Geometrie modelu vyplněná sítí (zobrazeno v programu GMSH)

1.10.3. Stávající řešení automatizovaného přístupu k tvorbě modelových sítí

Existuje více různých přístupů k řešení automatizované výstavby modelových sítí. Např. Tomčík (2009) popisuje dva rozdílné pohledy na automatizovanou výstavbu.

Prvním možným řešením je vytvoření povrchové modelové sítě v GIS. Vytvoření povrchové sítě přímo v GIS je složitější, ale nástroje pro takový postup jsou již v GIS obsažené. Následně by se povrchová modelová síť (tvořená trojúhelníky) převedla do jiného systému, který by byl schopen převést modelovou síť do 3D. K takovému účelu by se daly využít CAD systémy, které by vytlačily povrchovou trojúhelníkovou síť do trojbokých hranolů ve 3D. Automatická výstavba by v tomto případě musela znamenat znalost CAD systémů a jeho skriptovacího jazyka. Druhým navrhovaným řešením je předzpracování dat v GIS a vytvoření aplikace převodu dat z GIS do GEO formátu, se kterým pracuje program GMSH. Výsledným řešením práce byla aplikace, jejíž vstupní soubory obsahují vrstvu trojúhelníkových sítí, vytvořený pomocí triangulace v programu GRASS GIS. Došlo tedy na řešení předzpracování dat v GIS.

Nepřímo automatizaci výstavby, ale optimalizování návrhů pro výstavbu modelových sítí, zmiňuje Hejl (2011). Na každý budovaný model jsou jiné požadavky dané účelem výstavby daného modelu. Práce zmiňuje obecnou metodiku výstavby modelové sítě. Problematika optimalizované výstavby je řešena za využití předpokladu, že je vytvořený dvourozměrný model území. Dvourozměrný model území je možné vytvořit dvěma způsoby. V rámci GIS a jeho popisu ve formátu souboru *.shp² nebo pomocí programu GMSH. Předpokladem navržených řešení je obecný předpoklad, že dvourozměrný model lze využít jako základ pro tvorbu 3D modelu.

² Formát souboru *.shp (shape file) je produktem firmy ESRI. Jedná se o otevřený formát pro ukládání vektorových prostorových dat v GIS. Otevřený formát umožňuje využívání i v jiných produktech GIS.

2. Praktická část

Praktická část diplomové práce se zaměřuje na automatizaci výstavby geometrie modelových sítí. Uvedené postupy vedou k vytvoření aplikací a jejich ověření na reálných datech.

2.1. Výstavba modelové sítě

Každá modelová síť má jiné požadavky definované účelem a zadavatelem, pro kterého je modelová síť budována.

Předpokladem výstavby geometrie modelu je již vybudovaný geografický informační systém a jeho naplnění potřebnými daty. Po tomto předpokladu se vytváření geometrie modelu a následné modelové sítě provádí v několika na sebe navazujících krocích:

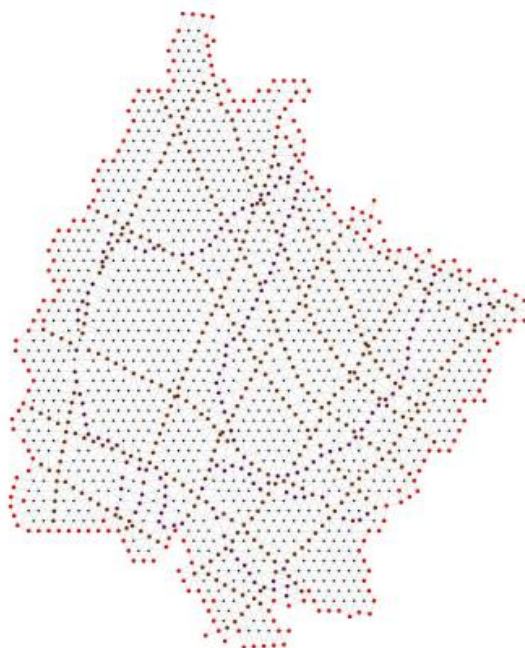
- Předzpracování dat (pre-processing)
- Budování geometrického modelu
- Tvorba síťového modelu

2.1.1. Předzpracování dat

Pokud je splněn předpoklad vybudovaného geografického informačního systému modelovaného území, je vhodné využít pro fázi předzpracování dat právě GIS aplikace (ArcGIS, GRASS GIS atd.).

Ve fázi předzpracování dat se zvolí hranice modelu, která určuje hranici zájmové modelované lokality. S hranicí modelu se také stanoví rozlišení modelu. V dalších krocích dochází k výběru datových vrstev. Všechny kroky ve fázi předzpracování dat se řídí účelem, pro který je model vytvářen.

Pokud je vybrána hranice modelu, určeno rozlišení modelu a jsou vybrány požadované datové vrstvy, využije se aplikace GIS pro vytvoření bodové vrstvy. Bodová vrstva je základním kamenem budoucí geometrie modelu. Body ve vytvořené bodové vrstvě popisují hranice či průběh modelovaných elementů. Na příkladu bodové vrstvy (Obr. 10.) jsou potřebné informace pro další fázi budování geometrického modelu. Červené body znázorňují hranici území, fialové např. pukliny.



Obr. 10. Bodová vrstva (Maryška a kol., 2008)

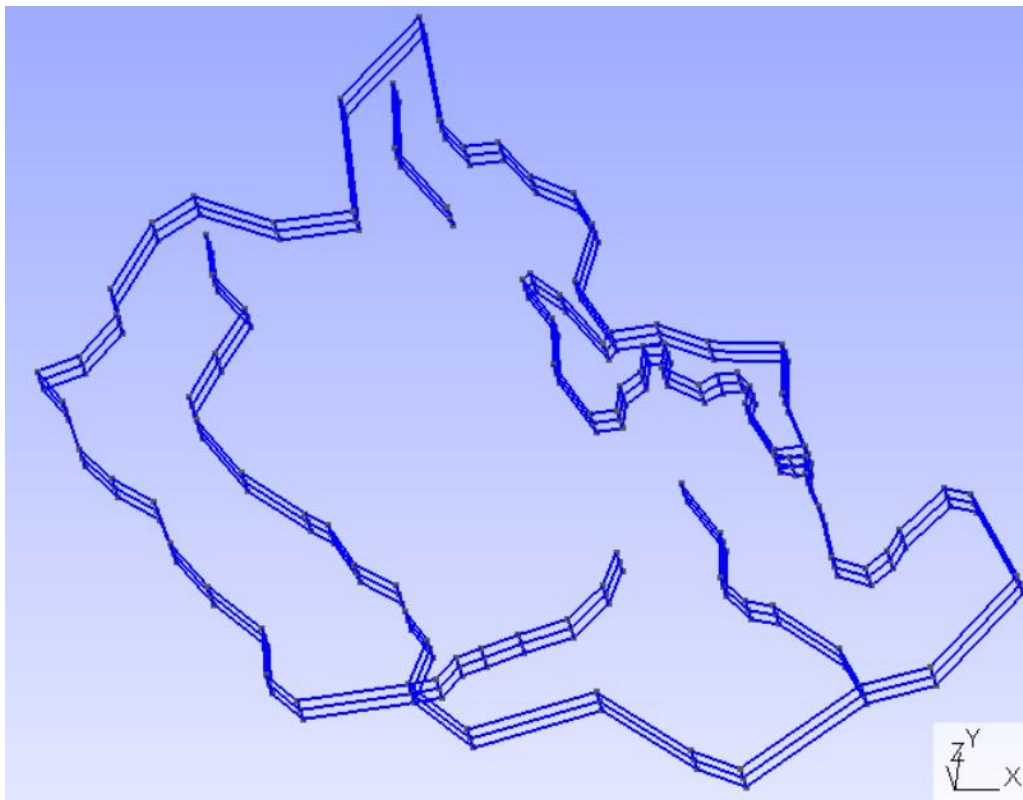
Bodová vrstva se exportuje z GIS aplikace. Exportování je možné provádět zpravidla do několika různých datových formátů. Nejčastěji je pro export vybírán databázový systém dBASE a jeho formát dbf. S daty v tomto formátu umí pracovat dostupné tabulkové procesory např. Microsoft Excel (součást softwarového balíku Microsoft Office) či Calc (součást softwarového balíku OpenOffice a LibreOffice). Tabulkové procesory slouží pro zpracování exportovaných údajů z bodových vrstev do formátu souboru geo, se kterým pracuje program GMSH. Výstupem předzpracování dat je soubor s příponou *.geo. Geo soubor je standardní ASCII textový soubor.

2.1.2. Budování geometrického modelu

Soubor formátu geo, který je tvořen ve fázi předzpracování dat slouží za vstupní soubor programu GMSH. Vstupní soubor obsahuje zatím pouze body, které byly součástí vytvořené bodové vrstvy v aplikaci GIS.

Druhá fáze výstavby geometrie modelu spočívá ve vybudování dalších nosných struktur geometrie modelu. Na body se dá pohlížet jako na základní prvky v geometrii modelu. Následuje definování linií, ploch a objemů. Přičemž prvky geometrie se na sebe odkazují. Linie jsou tvořeny body. Povrchy jsou definované uzavřenou posloupností linií a objemy tvoří uzavřené celky ploch, vytvářející daný objem. Některé elementy mohou mít totožné fyzikální vlastnosti (např. stejný druh horniny), v takovém

případě se elementy sdružují do tzv. fyzikálních skupin. Fyzikální skupiny mohou obsahovat linie, povrchy i objemy. Na (Obr. 11.) je znázorněna geometrie modelu v programu GMSH (zobrazeny jsou pouze body a linie geometrie modelu).



Obr. 11. Interpretace bodů a linií v programu GMSH

2.1.3. Tvorba síťového modelu

Hotový geometrický model se pomocí aplikace GMSH vyplní modelovou sítí. Mesh model je tvořen sítí dvou- a tří- rozměrných elementů konečného počtu, které vyplní modelované území podle stanovených parametrů.

2.1.4. Práce s programem GMSH

Při budování geometrie modelu se v programu používají stavební prvky:

- Body (Point)
- Linie (Line)
- Povrchy (Surface)
- Objemy (Volume)

Každý unikátní prvek v datové struktuře programu GMSH má přiřazený jedinečný index ID (identifikační číslo). Prvky se na sebe navzájem odkazují právě pomocí ID. Např. linie je určena dvěma body, které jsou již definované. Odkáže se tedy pouze na ID bodů, kterými je linie určena.

Body (Point)

Bod je objekt tak malý, že ho není vhodné reprezentovat pomocí linie či povrchu. Každý bod má, kromě jedinečných IDindexů, také přiřazenou absolutní polohu v podobě souřadnic (x, y a z). Dalším parametrem je parametr hustoty sítě.

Parametr hustoty sítě určuje délku jedné strany konečného elementu vygenerované modelové sítě. Čím je parametr hustoty sítě nižší, tím stoupá hustota výsledné modelové sítě. Parametr může být zapsána formou číselné hodnoty nebo pomocí alfabetského odkazu (výhoda rychlé změny parametru u všech bodů).

Pro zápis desetinných čísel se využívá tečkovou notace. Jednotlivé parametry jsou oddělovány pomocí čárek. Každý příkaz je ukončen pomocí středníku. Komentáře je možné vkládat za dvojici dopředných lomítek (/).

Definice Bodu v programu GMSH:

Point (ID) = {souřadnice x, souřadnice y, souřadnice z, parametr hustoty sítě};

Např.:

1) *Point (01) = {10, 25.5, 0, 50}; //parametr hustoty sítě je 50*

2) *P=50; //parametr hustoty sítě označen P a jeho hodnota je 50*

Point (01) = {10, 25.5, 0, P};

Linie (Line)

Linie představuje spojnici bodů, které nemají určenou vlastní šířku. Linie definují hrany modelovaných objektů. Linie mohou také představovat např. vodní toky či tektonické zlomy. Při rozlišení modelu v řádu stovek metrů je šířka tektonických zlomů v řádu centimetrů zanedbatelná.

Linie je v programu GMSH definována dvěma ohraničujícími body, její zápis je v podobě:

Line (ID) = {ID „počátečního“ bodu, ID „koncového“ bodu};

Např. *Line (11) = {01,02}; // nerozhoduje její směrová orientace*

Povrch (Plane Surface)

Povrch je definovaný uzavřenou množinou linií. Prvotně je definována uzavřená smyčka linií, která tvoří hranici povrchu, následně je její přiřazení příkazu Plane Surface.

Definice povrchu v programu GMSH:

Line Loop (ID_1) = {ID_2 linie, ID_3 následující linie, ... }; //smyčka linií

Plane Surface (ID) = {ID_1};

Např. *Line Loop (15) = {11, 12, 13, 14 };*

Plane Surface (16) = {15};

Fyzikální povrch (Physical Surface)

Funkce fyzikální povrch sdružuje povrchy, které mají stejné fyzikální vlastnosti.

Definice fyzikálních povrchů v programu GMSH:

Physical Surface (ID) = {ID povrchu, ID_1 povrchu, ...};

Např. *Physical Surface (17) = {15, 16, 17};*

Objem (Volume)

Objem je tvořen uzavřenou skupinou povrchů, která určuje daný objem.

Definice objemu v programu GMSH:

Surface Loop (ID_1) = {ID_2 povrchu, ID_3 povrchu, ...};

$Volume (ID) = \{ID_1\};$

Např. $Surface Loop (20) = \{16, 17, 18, 19\};$

$Volume (21) = \{20\};$

Fyzikální objem (Physical Volume)

Funkce fyzikální objem sdružuje objemy, které mají stejné fyzikální vlastnosti.

Definice fyzikálních objemů v programu GMSH:

$Physical Volume (ID) = \{ID\ objektu, ID_1 objektu, \dots\};$

Např. $Physical Volume (32) = \{21, 22, 23\};$

Program GMSH umožňuje pracovat s daty, které určují geometrii modelu, několika způsoby. Geometrie modelu se dá budovat v programu GMSH pomocí:

- Grafického uživatelského prostředí
- Úpravou souboru formátu geo
- Kombinací předchozích možností

Grafické uživatelské prostředí

Všechny elementy, které obsahuje geometrie modelu, se dají vytvořit za využití GUI programu GMSH. Je možné definovat body, linie, povrchy, objemy atd. Přes GUI programu lze vybudovat prakticky celou geometrii modelu. Především vytváření bodů však představuje poměrně časově náročnou činnost. Např. každému bodu, který obsahuje geometrie modelu, se musí vždy přiřadit jeho poloha v podobě souřadnic x, y a z. Každý prvek geometrie modelu, který se definuje pomocí GUI, se automaticky zapisuje do textového souboru geo ve formátu, který je popsán výše.

Úprava souboru formátu geo

Vstupní zdrojový soubor, se kterým pracuje program GMSH je standardní ASCII textový soubor. Soubor lze tedy snadno upravovat. K jeho úpravě lze využít téměř libovolný textový editor (např. Poznámkový blok).

Geometrii modelu je tedy možné vystavět celou pomocí zápisu, který je popsán v této kapitole. Pokud se načte vstupního soubor do programem GMSH, dojde k interpretaci zapsaných informací. Program nerozeznává rozdíly mezi daty vygenerovanými pomocí GUI a zapsanými přímo do zdrojového souboru, pokud byla dodržena správná syntaxe zápisu.

Vybudování celé geometrie modelu pouhým zápisem do souboru formátu geo však není příliš přehledné a účelné.

Kombinace GUI a úprava vstupního souboru formátu geo

Nejčastěji se využívá kombinace použití GUI a práce s geo souborem. V prvním kroku budování geometrie modelu (předzpracování dat), se vygeneruje pomocí GIS aplikace bodová vrstva. Z bodové vrstvy se exportují informace o samotných bodech. Především jde o polohové informace v podobě souřadnic bodů. Exportovaný soubor dbf z aplikace GIS nese v jednotlivých sloupcích informace o ID objektů a jejich souřadnicích (Tab. 1.).

ID,N,20,0	X,N,20,6	Y,N,20,6	Z,N,20,6
1	2067	2000	475
2	2072	700	475
3	2074	0	475
4	674	0	475
5	1625	2032	475

Tab. 1. Exportovaná data z bodové vrstvy do formátu dbf

Exportované hodnoty souřadnic bodů se dají upravovat v tabulkovém procesoru. Celkem snadno se dá využít šablona (viz Tab. 2), která dodrží syntaxi pro definování bodů v programu GMSH. Zpracovaná data lze přenést kopírováním do zdrojového geo souboru. V takovém případě jsou již v geometrii modelu obsaženy všechny body, které má geometrie obsahovat. Následně lze využít zobrazení bodů v programu GMSH a za pomoci GUI definovat následné prvky budoucí geometrie modelu.

definice objektu	(	ID index	)= {	Hodnota souřadnice x	,	Hodnota souřadnice y	,	Hodnota souřadnice z	,	Parametr hustoty sítě	};
Point	(	1	)= {	0	,	0	,	100	,	50	};
Point	(	2	)= {	15.257	,	25.645	,	100	,	50	};
Point	(	...	)= {	...	,	...	,	...	,	...	};

Tab. 2. Šablona v tabulkovém procesoru pro definování bodů pro program GMSH

2.2. Návrh automatizace výstavby geometrie modelu

Geometrii modelu je možné vybudovat manuálně, případně využít tabulkového procesoru pro usnadnění definování bodů, které tvoří základ geometrie modelu. Vstupní soubor programu GMSH, který obsahuje informace o všech prvcích budované geometrie, obsahuje pouze textové informace popisující geometrii. O interpretaci vstupního geo souboru se stará program GMSH sám. Dokumentace programu GMSH obsahuje podrobné informace o syntaxi zápisu dat, které program GMSH generuje, případně zobrazuje.

Textový soubor formátu geo může uživatel nadefinovat manuálně, aniž by využil GUI programu GMSH. Nejedná se však o přehlednou a rozumnou realizaci, která se v praxi nevyužívá. Pokud by se využila fáze předzpracování dat, mohly by zpracované informace obsahovat dostatečné podklady pro automatizovanou tvorbu geometrie modelu nebo její částí.

Ve fázi předzpracování dat se zpravidla exportuje vytvořená bodová vrstva, která obsahuje informace o souřadnicích bodů, zahrnovat může také ID čísla bodů. Případně je možné exportovat informace (např. v podobě indexů) jaký typ údajů budou v geometrii představovat (např. hranice modelu, vodní toky, tektonické zlomy).

2.2.1. Body (Point)

Bod je definován souřadnicemi os x, y a z. Každému bodu je také přiděleno jedinečné ID a parametr hustoty sítě. Informace, které definují bod, se dají snadno získat z bodové vrstvy, která je vytvořená ve fázi předzpracování dat v aplikaci GIS.

Data exportovaná z GIS aplikace se dají upravit v tabulkovém procesoru. Údaje jsou však nutné kopírovat do šablony (viz. Tab. 2.), manuálně ji zpracovat a následně vložit do souboru formátu geo.

Pro automatizovanou výstavbu bodů, které budou tvořit základ geometrie, není tedy zapotřebí zasahovat do fáze předzpracování dat. Potřebné údaje se dají zajistit pouhým exportem atributů bodové vrstvy z GIS aplikace.

2.2.2. Linie (Line)

Linie jsou v geometrii modelu určené dvěma krajními body. Informace, které by popisovaly tuto skutečnost, již nejsou obsaženy ve výstupech exportovaných dat bodové vrstvy. Bodová vrstva, která je vytvořená v aplikaci GIS, nahrazuje linie soustavou bodů v určitém rozlišení (rozestupu). Ztrácí se tak informace o návaznosti jednotlivých bodů v rámci určité linie.

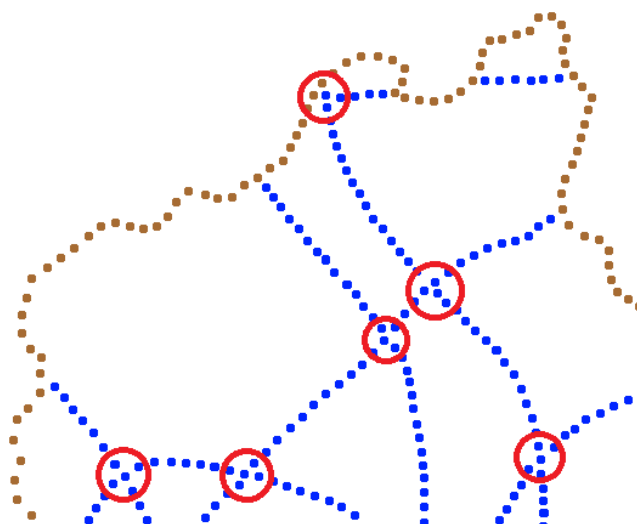
Body z bodové vrstvy se dají seřadit do pořadí, které odpovídá tvaru průběhu linie. Po seřazení bodů je možné poměrně snadné určení počátečního bodu, který tvoří pomyslný začátek linie. Analogickým postupem je možné určit poslední/koncový bod konkrétní linie.

Pokud jsou body (představující linii v geometrii modelu) seřazena v pořadí, které odpovídá tvaru linie a zároveň jsou dostupné informace o začátku/konci linie, je možné provést automatizovanou výstavbu geometrie modelu. Forma v podobě této úpravy však vyžaduje zásah do exportovaných dat. Zpracování dat pro automatizaci výstavby linií není relativně časově náročná. Relativní čas zpracování je dán velikostí budoucí geometrie modelu a velikostí obsažených modelovaných prvků.

Využije-li se přidání informací o začátku/konci linie, je velmi pravděpodobné, že se budou v datech vyskytovat duplicitní údaje.

2.2.3. Duplicitní údaje

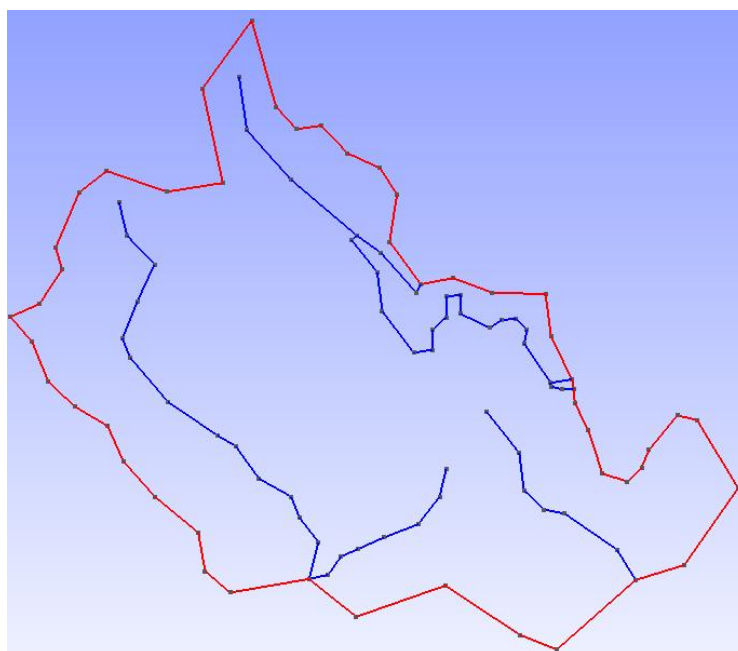
K výskytu duplicitních bodů dochází např. při křížení linií nebo shodě míst, ze kterých linie vycházejí/končí. Aby byla geometrie modelu správně vytvořená, je nutné, aby neobsahovala žádné duplicitní údaje. Body, které by se v geometrii vykytovaly vícekrát, je nutné nahradit jediným společným bodem. Duplicitně se mohou vyskytovat také části linií, které mají např. společnou hranu. Linie, které by se vyskytovaly v modelu vícekrát, a tvořili by nežádoucí prvky geometrie, se nahradí liniemi, které budou společné pro více liniových celků. Na obr. 12. jsou červeně zakroužkována některá místa, ve kterých může nastat vícenásobný výskyt bodů o shodných souřadnicích.



Obr. 12. Možný výskyt duplicity bodů

2.2.4. Povrch (Surface)

Povrch je daný uzavřenou posloupností linií. Při předzpracování dat je možné přiřadit informaci, že daná linie je uzavřená. Případně je možné takovou informaci sdělit následným vložním počátečního bodu linie za koncový bod. Poslední část linie by se tedy vrátila do počátečního bodu a vytvořila by uzavřený cyklus linií. Uzavření linie do smyčky však nemusí zaručovat jistotu, pro vytvoření povrchu.



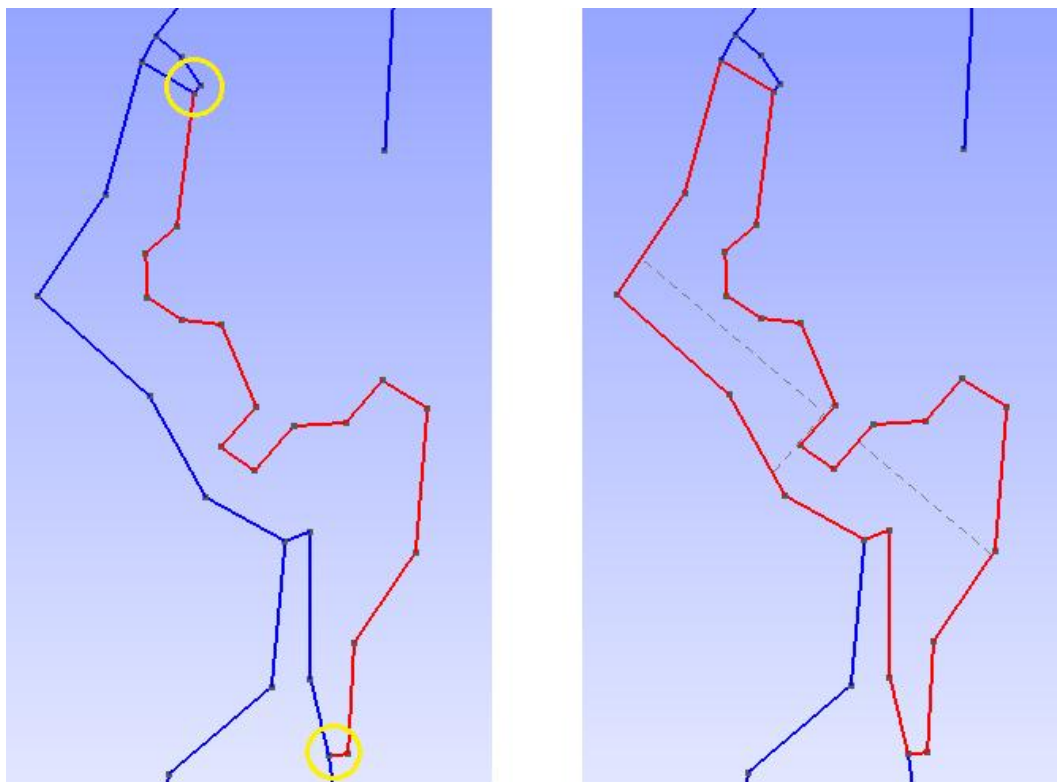
Obr. 13. Geometrie modelu a problematika při definování povrchů

Na Obr. 13. je znázorněna situace, kdy hranice modelu (zvýrazněna červeně) tvoří uzavřenou smyčku linií. Hranici modelu však obsahuje další geometrické prvky modelu. Na stejném příkladu se navíc ukazuje, že některé linie nemusí být uzavřené. Takové linie také neumožňují vytvoření zpravidla požadovaného povrchu, pro jednotlivé celky zvlášť. V takovém případě je sice možné definovat povrch, jehož obvod bude tvořit zmíněná hranice modelu, nebude však užitečnou informací, neboť neposkytne údaje jednotlivě (např. pro konkrétní část modelovaného území).

Výstavba povrchu v geometrii modelu zahrnuje mnoho proměnných faktorů. Při výstavbě/definování bodů a linií jsou poměrně snadno zjistitelné a upravitelné informace, vedoucí k automatizaci výstavby částí geometrie. Každá geometrie modelu je budovaná na základě účelu, ke kterému je určena. Pokud by docházelo k automatizaci výstavby povrchů v geometrii, bylo by nutné mnohem důkladnější předzpracování dat, se kterými by se navyšovaly také časové nároky na předzpracování dat. Fáze předzpracování dat by neměla převyšovat čas, či složitost, která je potřebná pro vybudování určité části geometrie.

Pokud jsou body a linie v geometrii správně definovány, je možné poměrně snadno vytvořit povrchy pomocí GUI programu GMSH. Při výběru možnosti vytváření povrchu, je nutné vybrat linie, které tvoří obvod budoucího povrchu. Program GMSH, při využití GUI, vybere vždy kontinuální sled linií mezi dvěma uzly. Vytvoření povrchu v programu GMSH je tedy velmi rychlé (za předpokladu správného vytvoření geometrických prvků bodů a linií, bez duplicitních dat) a odpadá nutnost dalšího předzpracování dat, které by obsahovalo určení, které linie budou tvořit smyčku či které budou tvořit obvod povrchu. V této fázi může být také využito GUI programu GMSH pro uzavření linií, které netvoří smyčku a jsou požadovány pro definování povrchu vyplývajícího z případného účelu, pro který je geometrie modelu budována.

Na Obr. 14. Je znázorněn výběru sledu linií mezi dvěma uzly (zvýrazněny žlutě) při využití GUI programu GMSH. Jedním kliknutím se provede výběr celého sledu linií (levá část Obr. 14.). Následné určení celého obvodu a definování povrchu je velmi rychlé (pravá část Obr. 14.).



Obr. 14. Výběr kontinuálního sledu linií mezi dvěma uzly

Definování povrchu uživatelem pomocí uživatelského prostředí programu GMSH je kompromisem mezi úplnou automatizací výstavby geometrie modelu za časově náročnějšího předzpracování dat a úplnou manuální výstavbou geometrie.

2.2.5. Objem (Volume)

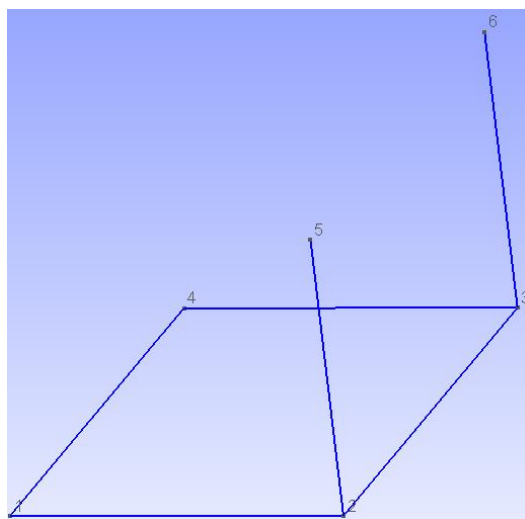
Objem je určen uzavřenou skupinou povrchů. Dosavadní předpoklad, automatizované výstavby geometrie modelu, byl založen na budování geometrie v jedné hladině, resp. jedné výškově rovině souřadnice z. Modely však zpravidla mají více výškových úrovní..

Program GMSH má integrovaný velký počet modulů, které usnadňují tvorbu geometrie modelu. Jedním z nich je modul Extrude (možný překlad: vytlačování, lisování). Dle dokumentace programu GMSH (Geuzaine, 2012) je tento modul schopen „vytlačit“ body, linie, povrchy a objemy do jiných/nových souřadnic. Pracuje se všemi směry souřadnic, tedy směry os x, y a z. Modul se nachází v nabídce: Geometry → Elementary entities → Extrude.

Modul reaguje podobně na jednotlivé prvky geometrie:

Body (Point)

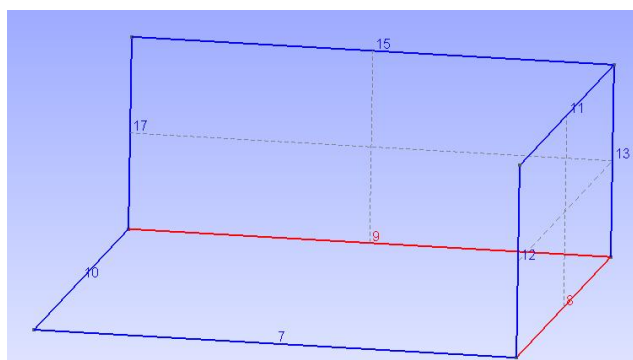
- Pokud se modul použije pouze na vytvořené body, je možné vybrané body „přeložit“ do nových souřadnic. Provede se vytvoření nových bodů, které jsou posunuty do nových souřadnic. Původní (vybrané) body zůstanou na svých souřadnicích.
- Pokud se modul použije na body, ke kterým jsou již definovány linie, dojde nejen k vytvoření nových bodů, posunutých o danou velikost, ale také k vytvoření linií v z-souřadnicích, propojující vybrané (původní) a nově vytvořené body (viz body 5 a 6 na Obr. 15.)



Obr. 15. Použití modulu Extrude na body, ke kterým jsou definovány linie

Linie (Line)

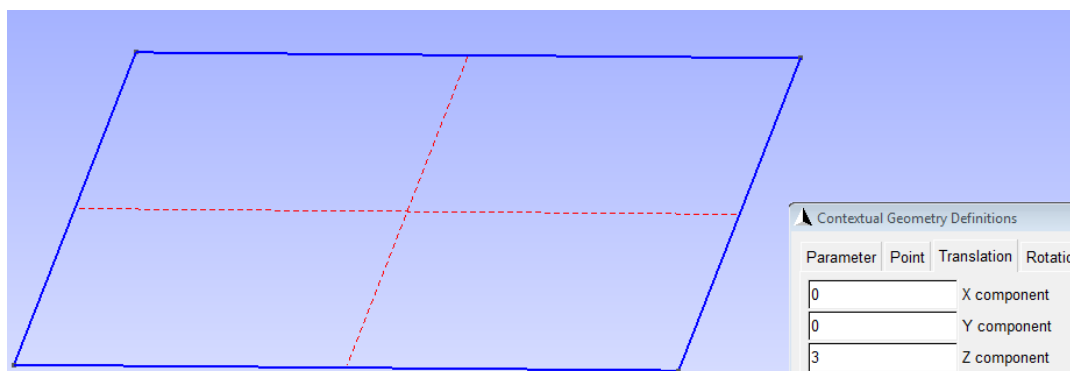
- Linie se při využití modulu „vytlačí“ do uzavřené smyčky, která zároveň tvoří povrch. Ukázka použití modulu na linie 9 a 8 (zvýrazněny červeně) na Obr. 16.



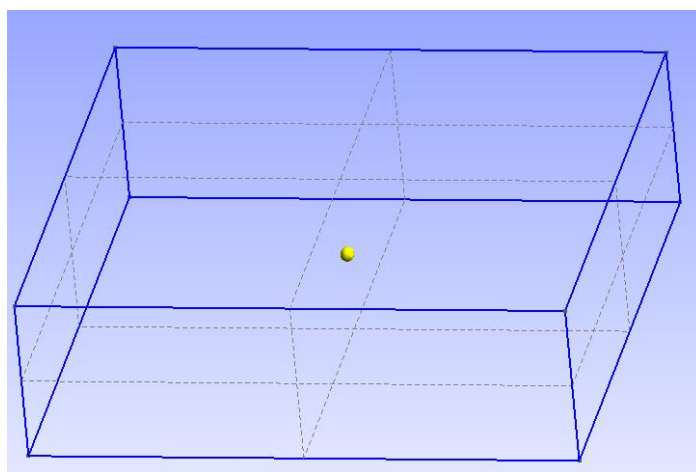
Obr. 16. Použití modulu Extrude na linie geometrie modelu

Povrch (Surface)

- Modul při výběru povrchu definuje další povrchy, které mají základ ve všech liniích, které určují původní povrch. Modul zároveň vytvoří objem, který takovýto „vytlačený“ povrch určuje. Obr. 17. znázorňuje vybraný povrch, který bude modulem vytlačen do souřadnice $z = 3$ tzn., že dojde k posunu hodnoty souřadnice o 3 kladným směrem (nulové hodnoty souřadnic x a y znamenají, že nedojde k žádné transformaci vzhledem k těmto osám). Výsledný objem transformace je zobrazen na Obr. 18.
- Pokud byl původní povrch umístěn ve výšce souřadnice $z = 0$. Následně by byl použit modul na posunutí souřadnice o $z = 3$ (výsledný povrch by měl souřadnici $z = 3$). Při dalším použití modulu na nově vytvořený povrch ve výšce $z = 3$ o hodnotu souřadnice $z = 7$, by došlo k vytvoření horní vrstvy povrchu v souřadnicích $z = 10$. Tedy oproti prvotnímu povrchu by byl rozdíl ve výškách $z = 10$.



Obr. 17. Původní povrch před použitím transformace modulu Extrude



Obr. 18. Výsledný objem po aplikování modulu Extrude na povrch geometrie modelu

Modul Extrude je možné využít pro transformaci v osách x, y a z. Modul umožňuje kromě „vytlačování“ provádět také rotaci.

Modul Extrude generuje požadované prvky geometrie (body, linie, povrchy případně objemy) automaticky. Do souboru formátu geo se pouze zaznamenají informace o prvcích, které projdou transformací a souřadnice velikosti transformace.

Pokud je vybrán povrch (ID = 12), tvořený smyčkou linií {8, 9, 10, 7} a požadavek na „vytlačení“ povrchu (objemu) o výšku je roven 3. Poté se запиše do geo souboru syntaxe:

```
Line Loop(11) = {8, 9, 10, 7};
```

```
Plane Surface(12) = {11};
```

```
Extrude {0, 0, 3} {
```

```
Surface{12};
```

```
}
```

Při výběru více povrchů (např. ID = 12, 13, 15) v jedné transformaci by zápis v geo souboru vypadal následovně:

```
Extrude {0, 0, 3} {
```

```
Surface{12, 13, 15};
```

```
}
```

Modul je vhodné používat vždy od nově vybudovaného povrchu, který se nachází v nových souřadnicích (nezáleží, zda kladných či záporných).

Pro výstavbu objemů v geometrii modelu je vhodné využít právě modulu Extrude, neboť při využití zmíněného modulu není kladen další požadavek na fázi předzpracování dat. Taktéž syntaxe zápisu modulu je minimalistická. Modul se dá využít také pro již vytvořené geometrie modelu. Jeho využití není závislé na struktuře dat, která je dána předzpracováním.

2.3. Programovací jazyk a vývojové prostředí

2.3.1. Programovací jazyk Java

Aplikace byla vytvořena v programovacím jazyce Java. Předností Javy je její přenositelnost mezi různými operačními systémy.

Podle Koegha (2005) byla Java oficiálně představena společností Sun Microsystems v roce 1995. Následovalo vydání vývojového prostředí Java Development Kit (JDK).

Původně byla Java zamýšlena na tvorbu appletů pro internetové prostředí World Wide Web. Využití našla také jako „běžný“ programovací jazyk aplikací (Herout, 2001).

Java je představitelem objektově orientovaného programovacího jazyka. Stojí někde mezi interpretovanými a překládanými jazyky. Jazyk se nepřekládá do strojového kódu, ale do tzv. Byte Code (mezikódu). Byte Code je interpretován pomocí virtuálního stroje JVM (Java Virtual Machine). Díky tomuto přístupu dokáže program běžet rychleji než čistě interpretovaný jazyk a zároveň umožňuje přenositelnost přeloženého programu na libovolný stroj, na kterém je provozován JVM. Při překladu dochází také ke kontrole syntaxe zápisu programu. Ke zvýšení rychlosti aplikací, napsaných v jazyce Java, byl vytvořen kompilátor JIT (Just In Time). Kompilátor JIT provede před spuštěním aplikace překlad Byte Code do strojového kódu procesoru. Zakomponování JIT do Javy přineslo rychlejší běh aplikací, ale zároveň zpomalil start programů.

2.3.2. Vývojové prostředí NetBeans IDE

Pro Javu existuje více vývojových prostředí, mezi známější patří např. NetBeans, Eclipse, JBuilder a další.

Pro vytvoření aplikací bylo zvoleno vývojové prostředí NetBeans IDE (Integrated Development Environment, integrované vývojové prostředí).

Vývojové prostředí je obecně nástrojem programátora pro tvorbu, překlad i ladění aplikací. NetBeans IDE zahrnuje podporu pro několik programovacích jazyků, včetně jazyka Java, umožňuje kontrolu syntaxe a vytváření GUI aplikací.

2.4. Vstupní data aplikací

Vstupní soubor aplikace Převod DBF do GEO je formátu dbf, který obsahuje informace pro automatizovanou výstavbu geometrie modelu (bodů a linií). Vstupní soubor aplikace Extrude from GEO je soubor formátu geo.

2.4.1. Formát dbf

Systém řízení báze dat (zkr. SŘBD či DBMS) představuje softwarovou výbavu, zajišťující manipulaci s údaji v databázi (Tuček, 1998). dBase byl mezi prvními masově rozšířenějšími systémy řízení báze dat. Všechny systémy řady dBase jsou založené na relačním modelu. Uživatelé jsou data zobrazena v podobě tabulek (Mathé, 1990). Exportovaná data z GIS aplikace se zpravidla ukládají ve formátu dbf. Dbf soubor je databázový soubor, který je určen pro uchování či následné zpracovávání dat. Soubor obsahuje data uspořádaná do sloupců a řádků.

Formát má danou strukturu v podobě začátku souboru, který je znám jako hlavička. Po hlavičce následuje blok dat. Hlavička souboru obsahuje informace o typu formátu dat, datum poslední aktualizace dat, celkový počet záznamů v souboru, typ kódování (znaková sada), popis atributů a ukončovací byte hlavičky. Za hlavičkou jsou umístěny záznamy v pořadí: záznam 1, záznam 2 atd. Všechny záznamy mají stejnou délku.

Atributy nesou informace o názvech atributů, typu atributů (např. Numeric – číslo, Char – textový řetězec, Logical – logická hodnota ano/ne, Memo – poznámka), adrese atributů umístěných v paměti, velikosti atributu v paměti s počtem desetinných míst atd.

Ukázka možné podoby atributu a jeho zápisu v souboru formátu dbf:

Název_atributu, C, 6 – položka atributu *Název_atributu* je textovým řetězcem o maximální délce 6 znaků.

Vzhledem k charakteru souboru a jeho organizaci dat není vhodné načítat soubor po řádcích. Případně se zabývat hledáním dělicích znaků, které by jednotlivé záznamy atributu oddělovaly. Bylo by možné využít znalosti počtu položek a informace, že každá

položka zabírá určitou velikost. Vhodnější je však využít knihovnu, která je přímo určená pro práci se soubory formátu dbf.

2.4.2. Struktura dat vstupního souboru dbf pro aplikaci Převod DBF do GEO

Vstupní soubor obsahuje informace dostatečné k automatickému generování bodů a linií geometrie modelu. Přesněji soubor obsahuje data bodů, další informace jsou pomocnými údaji, které pomáhají vybudovat také linie geometrie.

Data a jejich posloupnost ve vstupním souboru:

- ID bodu
- Hodnota souřadnice x
- Hodnota souřadnice y
- Hodnota souřadnice z
- Typ linie
- Začátek linie
- Počet redundantních bodů

ID bodu

Jedinečný identifikátor položky (bodu) v záznamu je kladným celočíselným typem.

Hodnota souřadnice x, y a z

Hodnota souřadnic určuje umístění bodu v osách x, y a z. Souřadnice mohou obsahovat kladné i záporné hodnoty. Záporné hodnoty mají přidružené znaménko mínus (-). Pokud u hodnot není uveden znak záporné velikosti, jsou hodnoty souřadnic považovány za kladné hodnoty. Důležitá je interpretace desetinného místa pomocí desetinné tečky. Export z aplikací GIS je zpravidla ve formě anglo-amerického zápisu desetinných dat, kde je jako oddělovač použita desetinná tečka místo desetinné čárky.

Typ linie

Jedná se o celočíselné kladné číslo, které určuje druh linie, ke kterému dané body patří. Není nutný jedinečný výskyt ve vstupních datech. Není potřebná přesná

interpretace ke konkrétnímu typu linie. Může se opakovat u dalších bodů, patřících stejnému druhu linie, ale patřící k jiné linii. Např. hodnota typu linie = 0 může představovat linie, které tvoří hranice modelu (všechny body, patřící hranici modelu budou mít hodnotu rovnu 0). Další odlišení číselného indexu mohou určovat vodní toky, tektonické linie atd. Atribut typ linie byl použit hlavně z důvodu uchování částečné informace o typu linie, ke které body patří.

Začátek linie

Hodnota nabývá pouze hodnot 0, nebo 1. Hodnota 1 je přiřazena bodu, který představuje pomyslný start linie. Hodnotu 0 obsahují všechny ostatní body. Hodnotu 0 není primárně nutné vyplňovat. Pokud není hodnota u atributu začátku linie vyplněna, předpokládá se, že nejde o bod startující linie. Resp. pokud není hodnota zadána, nástroje pro práci se soubory dbf by měly doplnit nulovou hodnotu.

Počet redundantních bodů

Celočíselná kladná hodnota, která určuje počet výskytů bodu o stejných souřadnicích x, y a z. Pokud se bod nevyskytuje v datech vícekrát, může být vyplněna hodnota rovna 0 nebo nemusí být hodnota vyplněna vůbec. Resp. pokud není hodnota zadána, nástroje pro práci se soubory dbf by měly doplnit nulovou hodnotu. Pokud se vyskytuje bod v datech vícekrát, bude u všech výskytů uveden celkový počet těchto bodů. Existence redundantních (duplicitních) bodů je dána požadavkem na předzpracování dat.

N1,N,6,2	N2,C,14	N3,C,14	N4,C,16	N5,N,4,2	N6,N,4,2	N7,N,4,2
1	1413.90638584	1295.1828947	0	0	1	3
2	1682.81269217	1346.61273054	0	0	0	0
3	2009.08283308	1225.66776451	0	0	0	0
4	2453.48526639	1212.30756477	0	0	0	0
5	2498.07319265	861.19792485	0	0	0	0
6	2671.46747261	501.40430515	0	0	1	2
7	2689.14130014	418.50836486	0	0	1	2
8	2695.37519845	306.62665637	0	0	0	0

Tab. 3. Ukázka vstupních dat v souboru formátu dbf

Tab. 3. znázorňuje vstupní formát dat. U dat není nutné dodržovat přesné délky atributů ohledně počtu znaků ani názvů atributů v podobě N1, N2 atd. Popis dat se vztahuje na záznamu č. 1 v Tab. 3. (zvýrazněn tučně):

- N1 – ID čísla bodu (záznam 1: ID bodu = 1)
- N2 – hodnota souřadnice x (záznam 1: souřadnice x má hodnotu rovnu 1413.90638584)
- N3 – hodnota souřadnice y (záznam 1: souřadnice y má hodnotu rovnu 1295.1828947)
- N4 – hodnota souřadnice z (záznam 1: souřadnice z má hodnotu rovnu 0)
- N5 – typ linie (záznam 1: hodnota = 0 může odpovídat např. linii, která tvoří hranici modelu)
- N6 – start linie (záznam 1: bod představuje začátek linie)
- N7 – počet redundantních bodů (záznam 1: celkový počet výskytu bodů se všemi stejnými souřadnicemi je roven 3)

2.4.3. Vstupní soubor pro aplikaci Extrude from GEO

Vstupním souborem aplikace je soubor formátu geo, který obsahuje prvky budované geometrie modelu. S tímto typem souboru pracuje program GMSH. Pro aplikaci není vyžadována zvláštní úprava dat. Forma zápisu geo souboru je popsána v kapitole 2.1.4.

2.5. Návrh aplikací

Aplikace byly naprogramovány v programovacím jazyku Java, včetně navrhnutého grafického uživatelského prostředí. Aplikace umožňují provádět částečnou automatizaci výstavby geometrie modelu pro program GMSH.

2.5.1. Aplikace Převod DBF do GEO

Aplikace se stará o načítání souboru dbf, který je vytvořený a upravovaný v rámci fáze předzpracování dat. Výstupem aplikace je soubor formátu geo, se kterým pracuje program GMSH. Výstupní soubor obsahuje prvky geometrie modelu (body a linie). Pomocný výstupní soubor aplikace obsahuje ID všech linií modelu. Mezi datové struktury patří např. třídy: Bod, Linie, Duplicitní body, Zaznamy.

Ve třídách byly ukládány informace např. o indexech bodů, souřadnicích, startu linie atd. Pro další využití byly použity kolekce typu `ArrayList` (dynamické pole). Pro práci se soubory dbf byla použita knihovna `DANS DBF Library`³. Knihovna byla využita pro zpřístupnění obsahu souborů dbf. K procházení všech záznamů byl využit návrhový vzor Iterátor. Návrhový vzor⁴ Iterátor umožňuje jednoduchým způsobem procházet prvky složité struktury objektů (struktura objektů zůstane klientovi skryta; Kraval, 2002). Např. operace `Iterator.next()` odkáže na následující prvek v pořadí. Pro kontrolu, zda soubor obsahuje stále ještě nějaká data k načtení, byla použita operace `Iterator.hasNext()`.

Načtená data jsou dále rozdělena na několik částí pro další zpracování. Pro zpracování duplicitních bodů byl použit `ArrayList` `spolecne_body`. V daném listu se ukládají všechny body, které se v datech vyskytují vícekrát. V následném procházení listu se u bodů, které mají shodné souřadnice, zajistí jedinečný výskyt ID. Bodům také připadá informace o hustotě parametru sítě (viz kapitola 2.1.4.). Pokud mají všechny body jedinečné ID a jsou odstraněny duplicity, dochází ke zpracování linií.

Geometrie modelu nemusí obsahovat vždy uzavřené linie. V geometrii mohou být zastoupeny také linie neuzavřené, např. v podobě puklin nebo vodních toků. Mají-li být v takové geometrii vytvořeny povrchy, dochází zpravidla k uzavření linií. Nově definované linie však nejsou součástí původního modelu a docházelo by ke změně vlastností modelu. Proto bylo umožněné definování fyzikální skupiny pro linie, které jsou vytvořené v rámci aplikace. Aplikace využívá pomocného souboru, který zaznamená všechny linie, které geometrie modelu obsahuje, aby mohly být následně přidány do fyzikální skupiny. Název pomocného souboru odpovídá názvu výstupního geo souboru, má však příponu `txt`. Vytvoření fyzikální skupiny je samozřejmě možné i na model, který obsahuje všechny linie uzavřené. Výstup v podobě pomocného souboru byl zvolen z důvodu uchování informací, které by se po uzavření aplikace ztratily.

Aplikace následně zajišťuje výpis zpracovaných informací do výstupního souboru formátu `geo`.

³ Knihovna `DANS DBF Library` s dokumentací je dostupná na: <http://dans-dbf-lib.sourceforge.net/>

⁴ Návrhový vzor (angl. design pattern) představuje zobecnění často řešeného problému v návrzích programů. V objektově orientovaném programování často poukazují na vztahy mezi třídami a objekty.

2.5.2. Aplikace Extrude from GEO

Aplikace využívá modulu Extrude aplikace GMSH (kapitola 2.2.5.). V aplikaci je možné zvolit ID čísla prvků geometrie modelu, na které se funkce modulu aplikuje. Pro vstup aplikace může být využit např. obsah pomocného souboru aplikace Převod DBF do GEO, pokud by byl požadavek na vytvoření linií a povrchů linií modelu.

Aplikace využívá pro vstup soubor formátu geo. Jelikož jde o standardní ASCII textový soubor, nebylo nutné k jeho přístupu využití prostředků třetích stran. Pro zápis do souboru byl využit modul `BufferedWriter`, který umožňuje přidáním argumentu `true()` zapisovat na konec souboru a neohroží původní data souboru.

Ukázka zápisu na konec souboru za použití modulu `BufferedWriter`:

```
BufferedWriter out = new BufferedWriter(new FileWriter(geo, true));  
out.write("Extrude {..}");  
out.close();
```

Zápis pomocí metody `write()` umožňuje zapisovat informace vložené pomocí GUI aplikace.

Aplikace následně zajišťuje zápis potřebných informací do vstupního souboru formátu geo, které dokáže program GMSH správně interpretovat.

2.6. Práce s aplikacemi

Uživatel komunikuje s aplikacemi pomocí GUI, které bylo navrženo ve vývojovém prostředí NetBeans IDE.

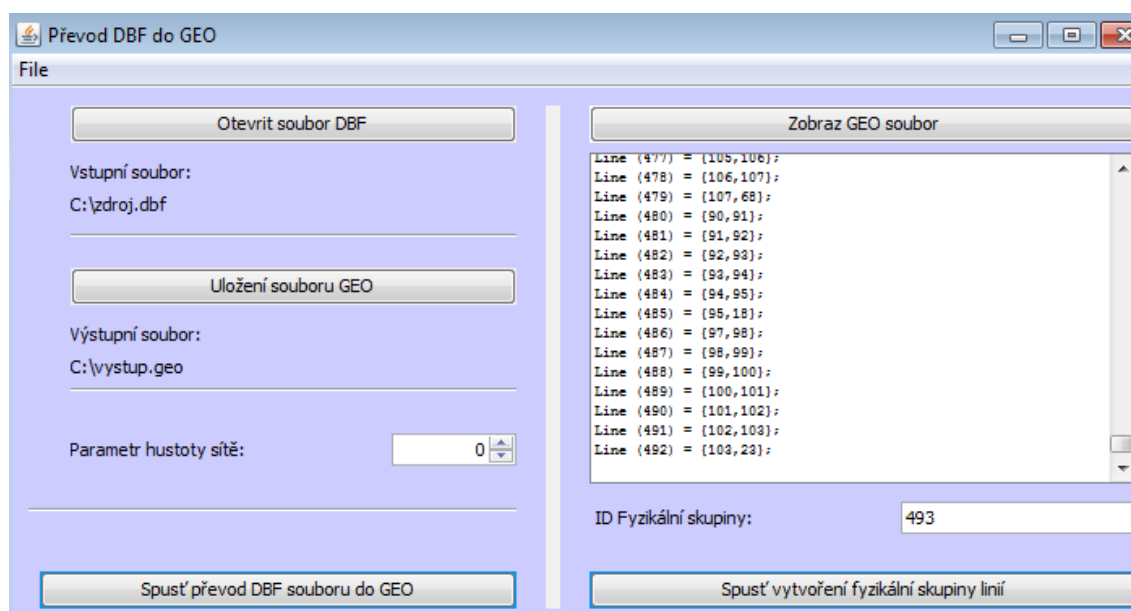
2.6.1. Aplikace Převod DBF do GEO

Uživatelské prostředí aplikace (viz Obr. 19.) je rozdělené na dvě části, které souvisejí s funkcemi aplikace.

První část obstarává výběr vstupního souboru ve formátu dbf. Výběr souboru je umožněn standardním oknem správce souborů daného operačního systému. Snadnější nalezení souboru je zajišťováno filtrem, který defaultně zobrazuje pouze složky a soubory dbf. Uživatel je o vybraném souboru informován v podobě textové informace, která obsahuje cestu vedoucí k souboru. Stejným principem se obstarává

výběr výstupního geo souboru aplikace. První část také umožňuje volbu parametru hustoty sítě. Volba: Spust' převod DBF do souboru GEO provede vygenerování výstupního geo souboru.

Druhá část zajišťuje zápis linií do fyzikální skupiny, pokud je to v rámci zpracování geometrie vyžadováno. Tato část aplikace umožňuje zobrazit obsah vytvořeného geo souboru (pro nalezení posledně použitého ID v rámci geometrie modelu). Pokud je zapotřebí přiřadit fyzikální skupinu liniím modelu, je možné zvolit ID, které bude sdružovat fyzikální skupinu linií Po provedení volby: Spust' vytvoření fyzikální skupiny linií, dojde k zápisu fyzikální skupiny do souboru geo.



Obr. 19. Grafické prostředí aplikace Převod DBF do GEO

Aplikace ošetřuje události, pokud uživatel nevybral vstupní či výstupní soubor. V takovém případě je uživatel upozorněn standardním dialogem s popisem problému. Pokud byly soubory správně vybrány a použita volba Spust'..., uživatel je informován pomocí standardního dialogu o úspěšném ukončení procesu. Aplikace využívá tzv. fokusu pro pohyb v aplikaci. Obsluhovat aplikaci je tedy možné pomocí klávesnice. Klávesa Tabulátor přepíná mezi jednotlivými položkami aplikace v logickém pořadí.

Po úspěšném ukončení, o kterém je uživatel informován, dojde k vytvoření geo souboru (v uživatelem vybraném umístění).

2.6.2. Aplikace Extrude from GEO

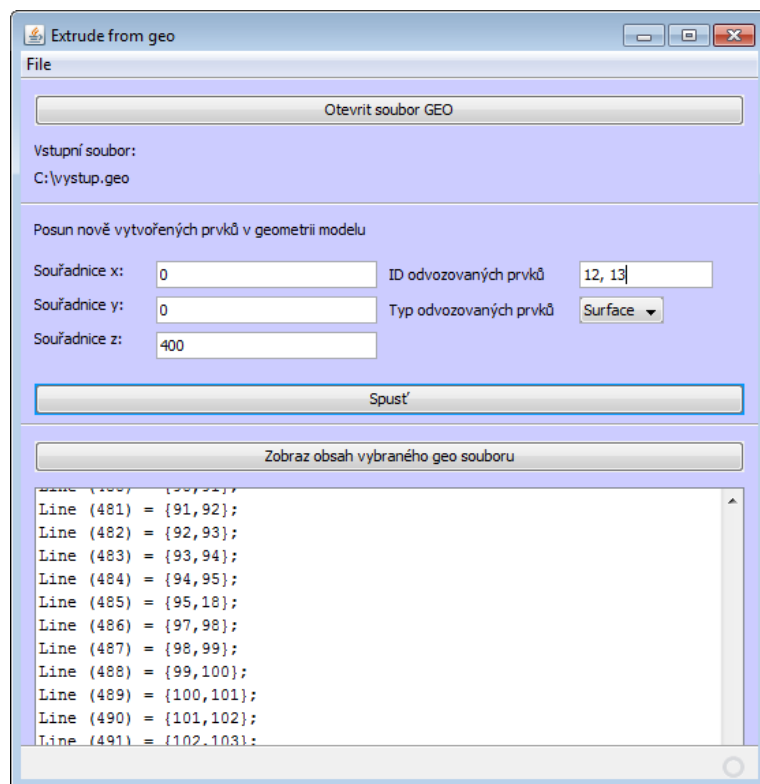
Uživatelské prostředí aplikace (viz Obr. 20.) je rozdělené na tři části, které souvisejí s funkcemi aplikace:

První část slouží k výběru vstupního geo souboru. Výběr souboru se provádí přes standardní okno správce souborů, s defaultním filtrem pro geo soubory. O vybraném souboru je uživatel informován popsanou cestou vedoucí k souboru.

Druhá část umožňuje volbu posunutí souřadnic x , y a z , o které se nově vytvořené prvky geometrie posunou. Možný je zápis záporných i desetinných míst. Desetinná místa používají pro oddělení od celé části desetinnou tečku. Uživatel má možnost zadat, na která ID prvků se metoda provede. Uživatel není omezen počtem zvolených ID prvků, k oddělení jednotlivých ID slouží desetinná čárka. Uživatel dále určuje položku typu odvozovaných prvků, na výběr má možnosti: Surface (povrch), Line (linie) a Point (bod).

Třetí část obsahuje možnost zobrazení obsahu vybraného souboru v okně aplikace, pokud se provede volba: Zobraz obsah vybraného souboru. Tato možnost je přidána z důvodu možné kontroly upraveného souboru přímo v aplikaci, případně k vyhledávání ID prvků, které chce uživatel „vytlačit“ do nových souřadnic.

Aplikace ošetřuje situace, pokud nebyl vybrán vstupní soubor nebo pokud nebyly vyplněny všechny potřebné informace. O úspěšném zápisu dat dojde prostřednictvím dialogového okna. Zobrazit obsah souboru je možné i po zápisu dat, jelikož cestu k souboru si aplikace nadále uchovává. Aplikace opět využívá fokusu ovládacích prvků aplikace v logickém uspořádání.



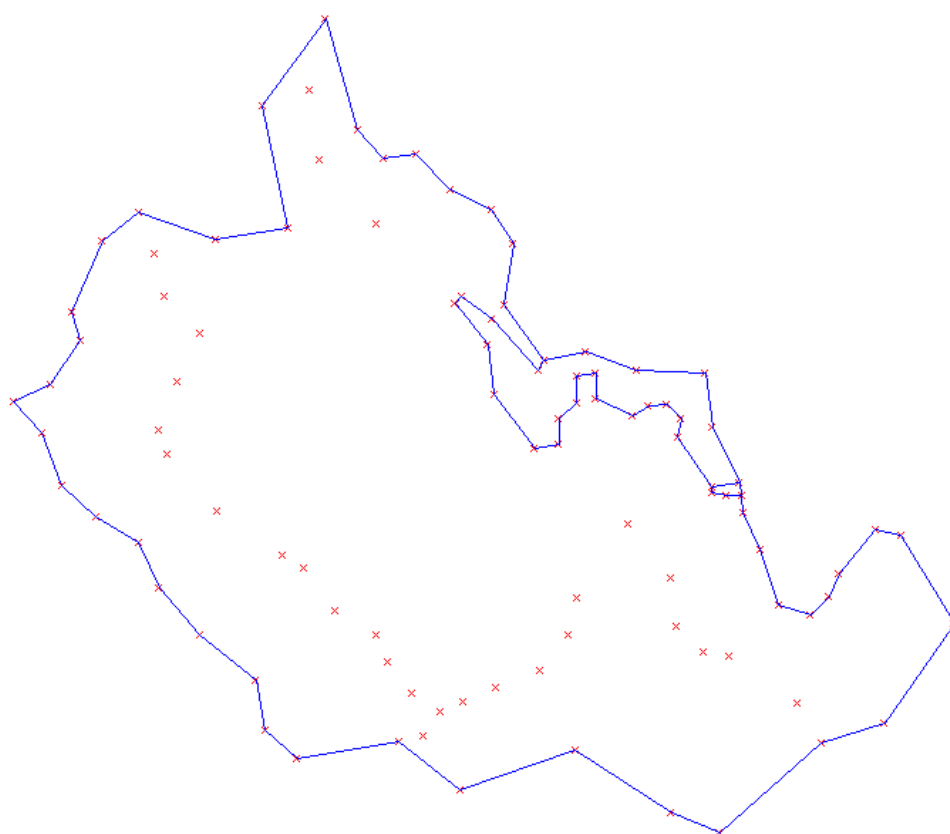
Obr. 20. Grafické prostředí aplikace Extrude from GEO

2.7. Ověření navrhnutých řešení

Kapitola popisuje tvorbu geometrických modelů, na základě navrhovaných metodik, za využití aplikací Převod DBF do GEO a Extrude from GEO.

2.7.1. Úloha č. 1

K dispozici byla data zájmové oblasti v podobě vybudovaného geografického informačního systému, který obsahoval vektorové vrstvy: hranice a body. Zobrazené vrstvy v programu GRASS GIS (Obr. 21.).



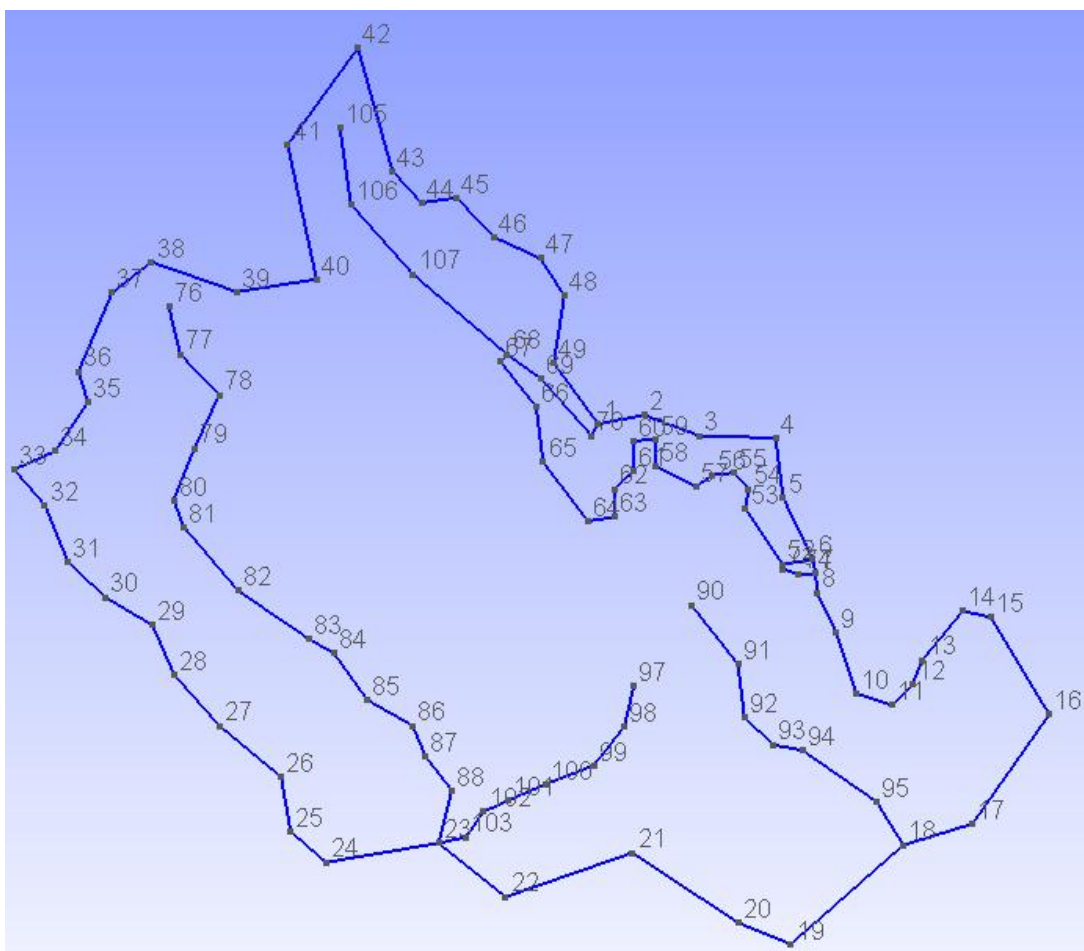
Obr. 21. Vstupní data (zobrazeno v programu GRASS GIS)

Data byla předzpracována podle požadavků uvedených v kapitole 2.4.2. Data zahrnovala ID čísla, souřadnice (x, y a z), index typu linie a počet redundantních bodů. Všechny informace byly obsažené v souboru dbf. Část souboru je zobrazena v Tab. 4.

N1,N,6,2	N2,C,14	N3,C,14	N4,C,16	N5,N,4,2	N6,N,4,2	N7,N,4,2
1	1413.90638584	1295.1828947	0	0	1	3
2	1682.81269217	1346.61273054	0	0	0	0
3	2009.08283308	1225.66776451	0	0	0	0

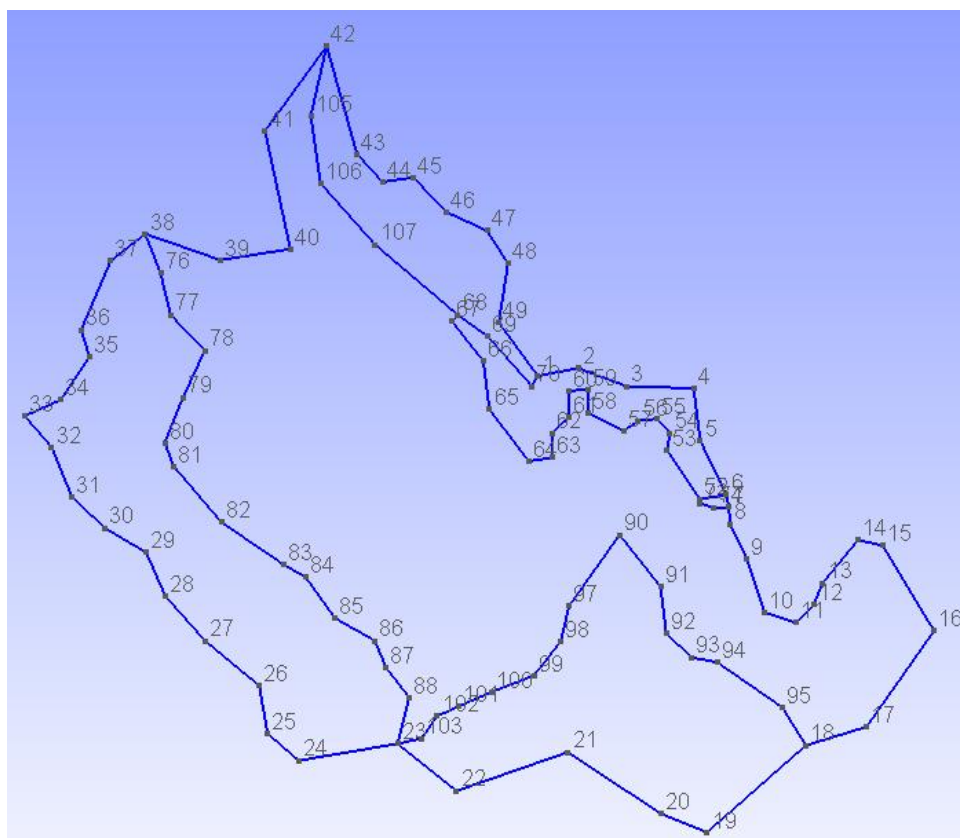
Tab. 4. Část předzpracovaných dat pro aplikaci Převod DBF do GEO

Soubor dbf byl použit za vstupní soubor pro aplikaci Převod DBF do GEO. Parametr hustoty sítě byl v aplikaci nastaven na 3000. Aplikace vygenerovala vstupní soubor pro program GMSH, který obsahoval body a linie geometrie modelu. Interpretace geometrie modelu v programu GMSH je zobrazena na Obr. 22.



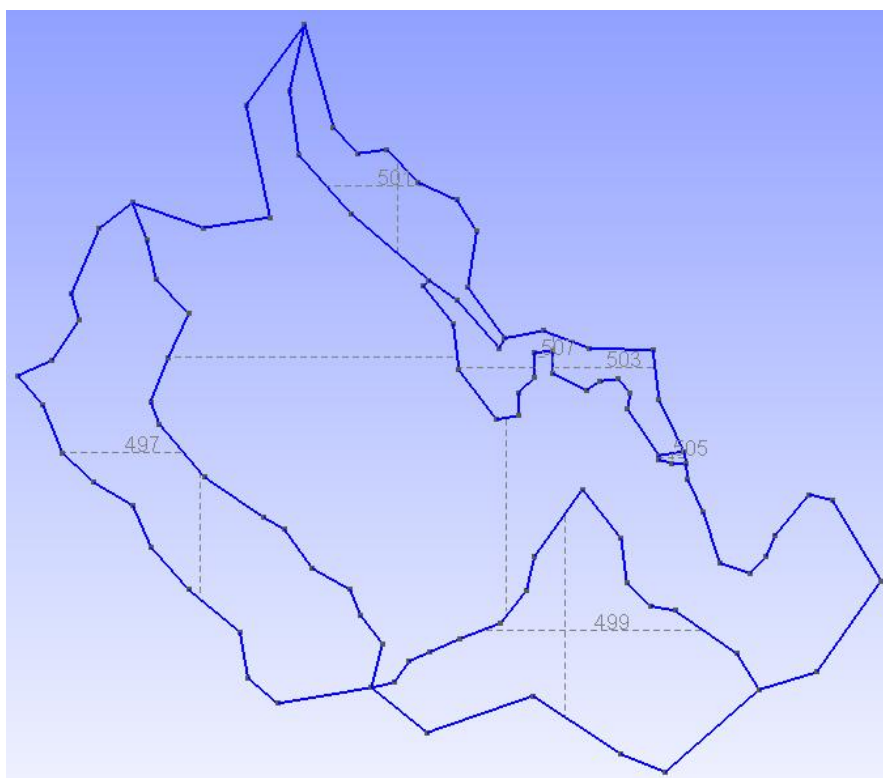
Obr. 22. Výstupní soubor aplikace Převod DBF do GEO

Z Obr. 22. je patrné, že v datech nebyly zahrnuty informace k uzavření některých linií. V takovém případě je nutné provést uzavření linií ručně, takový zákrok by však vedl ke změně vlastností modelu, protože nově vytvořené linie nebyly součástí původního modelu. Aplikace vytváří pomocný soubor, který obsahuje ID linií modelu. Po zobrazení obsahu vytvořeného geo souboru byl nalezen poslední ID index v zápisu dat (ID = 492). V aplikaci Převod DBF do GEO byl zvolen index o jednotku vyšší (ID 493). Geometrie modelu totiž nemůže obsahovat vícenásobný výskyt stejných ID. Poté byla aplikací automaticky vytvořená fyzikální skupina linií náležící modelu. V této fázi bylo možné přistoupit k uzavření linií. K dodefinování linií, bylo zvoleno grafické prostředí programu GMSH. Na Obr. 23. je znázorněna geometrie modelu s uzavřenými liniemi.



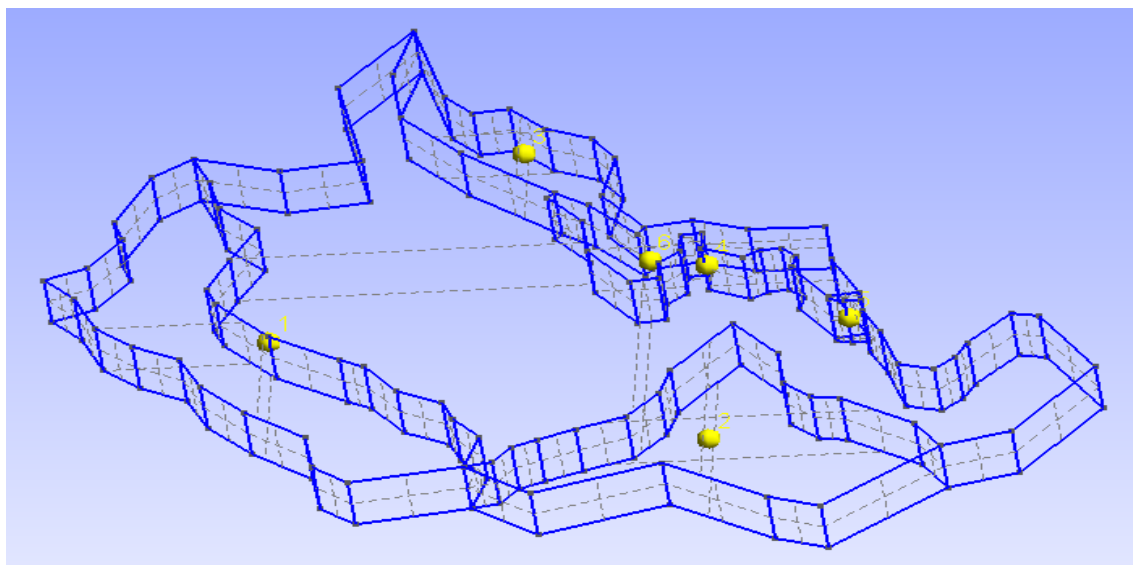
Obr. 23. Uzavření linií v programu GMSH

V upravené geometrii (Obr. 23.) je možné definovat povrchy. K definování povrchů bylo opět použito grafického prostředí programu GMSH (Obr. 24.).



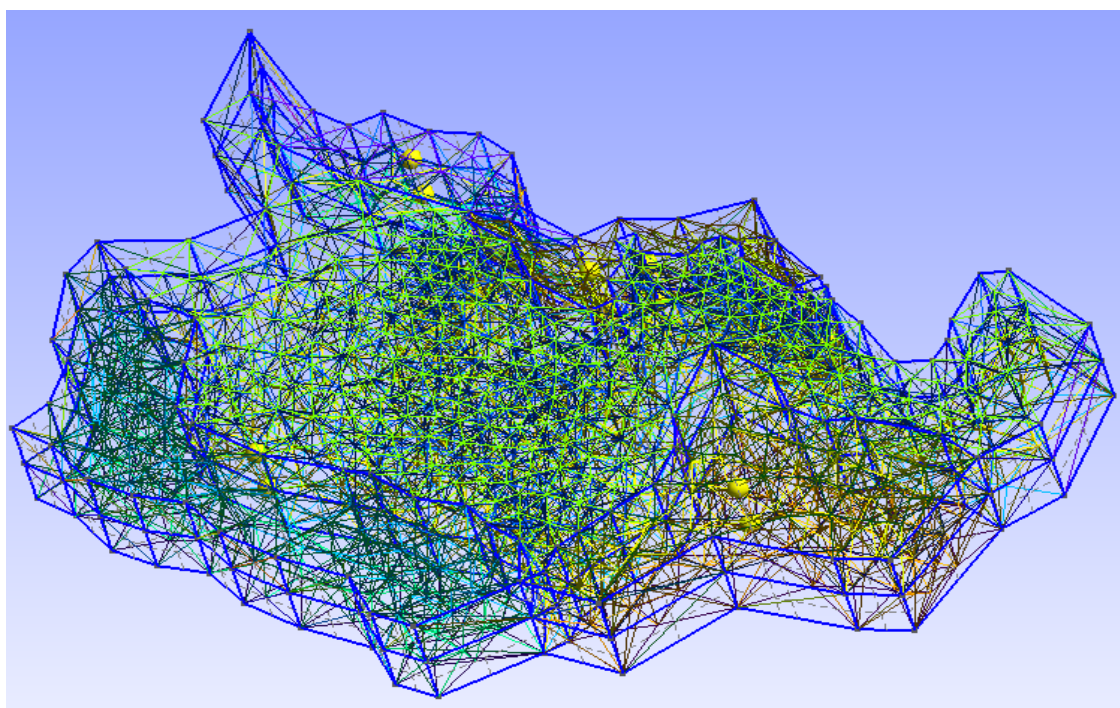
Obr. 24. Definované povrchy v programu GMSH

Upravený soubor, který byl původně výstupem z aplikace Převod DBF do GEO, tak obsahoval potřebná data, aby mohl být vstupem do aplikace Extrude from GEO za předpokladu, že bude vybudována geometrie modelu ve 3D s definovanými povrchy a objemy.



Obr. 25. Výstupní soubor aplikace Extrude from GEO (zobrazený programem GMSH)

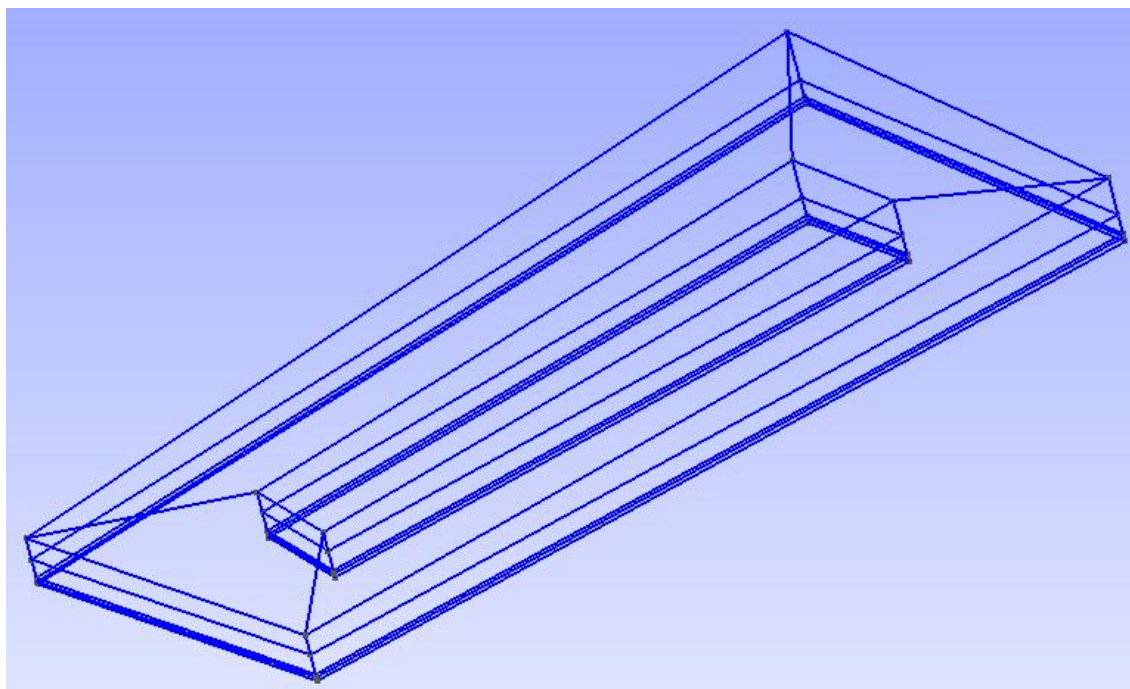
Obr. 25. zobrazuje vybudovanou geometrii modelu s definovanými body, liniemi, povrchy a objemy. Geometrie modelu má dvě výšky v souřadnicích z (0 a 400). Následná geometrie modelu (Obr. 26.) již obsahuje tři výšky (0,400,800). Geometrie modelu je vyplněna modelovou sítí ve 3D.



Obr. 26. Geometrie modelu vyplněná modelovou sítí ve 3D

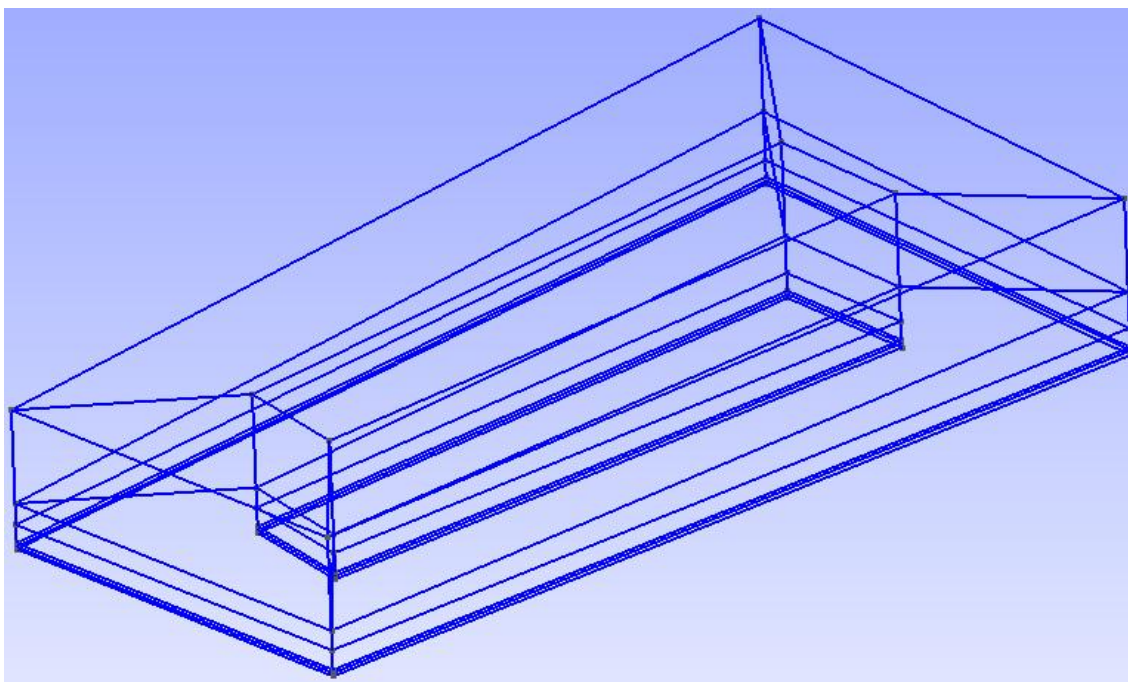
2.7.2. Úloha č. 2

K dispozici je již vytvořená geometrie modelu (Obr. 27.). Geometrie obsahuje v jedné vrstvě 8 bodů a 12 linií. Dle rozměru geometrie by zřejmě nebylo nutné provádět předzpracování dat do takové úrovně, aby byla obsažena všechna data potřebná pro aplikaci Převod DBF do GEO.



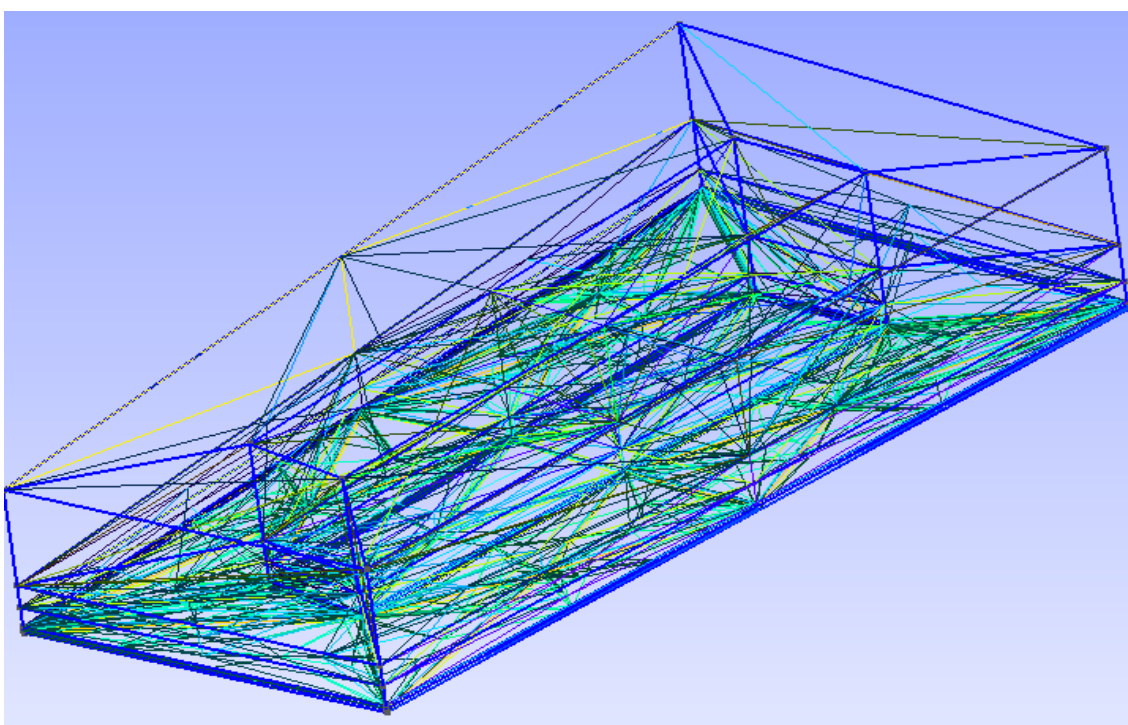
Obr. 27. Vytvořená geometrie modelu

Geometrie (Obr. 27.) byla vytvořena ručně za pomoci šablony (viz kapitola 2.1.4.) v tabulkovém procesoru. Úloha poukazuje na možnost využití aplikace Extrude from GEO i na geometrie modelu, které byly vybudovány jiným způsobem, než předzpracováním dat pro aplikaci Převod DBF do GEO. Ke geometrii by byla např. potřeba přidat další vrstva v určité výšce. Za využití aplikace Extrude from GEO stačilo načíst soubor geometrie, vyplnit ID pěti povrchů a souřadnice posunu. Výsledná geometrie s přidanou vrstvou je zobrazena na Obr. 28.



Obr. 28. Upravená geometrie modelu aplikací Extrude from GEO

Výsledná geometrie modelu obsahuje všechny původní data. Přidané informace však program GMSH interpretuje jako novou vrstvu modelu s definovanými body, liniemi, povrchy a objemy. Nebylo tedy nutné provádět ruční přidání 8 bodů, následné propojení všech nově přidanych bodů liniemi ani definování povrchů a objemů. Geometrie modelu nebyla nijak narušena a lze ji vyplnit modelovou sítí (Obr. 29.).



Obr. 29. Vyplnění geometrie modelu modelovou sítí ve 3D

Závěr

Cílem diplomové práce bylo zpracování a navrhnutí možností automatické výstavby geometrických modelů. Z provedené rešerše a analýzy současných postupů vychází závěr, že plně automatické řešení výstavby geometrických modelů neexistuje. Každý geometrický model je vytvářen dle svého účelu. Dalo by se tedy předpokládat, že jakýkoliv geometrický model je něčím jedinečným. Ruční budování geometrických modelů v aplikaci GMSH je zpravidla časově náročné. Geometrie modelu však mají některé společné prvky, jejichž výstavbu lze automatizovat alespoň částečně.

Zpracované poznatky dovedly práci ke dvěma způsobům částečné automatizace výstavby modelu pro program GMSH, které na sebe mohou navazovat.

První možnost spočívá ve fázi předzpracování dat z geografického informačního systému. Předzpracování dat v rámci GIS může zahrnovat některé požadavky na úpravu dat, která umožní naprogramované aplikaci Převod DBF do GEO automatickou výstavbu geometrie modelu v podobě bodů a linií, tvořící určitý základ modelu. Aplikace nepotřebuje velké množství dat, které by se nedalo vhodným způsobem získat právě z GIS. Vybudovaný geoinformační systém, pro účely modelování, zpravidla všechny informace potřebné pro aplikaci obsahuje. Přesto předzpracování dat není času prosté. Při budování např. menších modelů může předzpracovávání dat být časově náročnější, než manuální vytvoření modelu. Proto výstupem práce je také druhá část automatizace výstavby.

Druhá možnost využívá funkce programu GMSH. Aplikace Extrude from GEO, která je výstupem druhého způsobu návrhu automatizace výstavby, využívá modul Extrude, který aplikace GMSH obsahuje. Aplikace předpokládá již vytvořenou část geometrického modelu, např. jednu vrstvu v dané výšce. Aplikace využívá metodu „vytlačování“ (odvozování) prvků vytvořené geometrie. Vhodné je např. použití aplikace na již vytvořené geometrie modelů, které je nutné rozšířit. Využití najde také pro menší modely, kde je rychlejší vybudovat základ geometrie ručně. Překážkou není ani využití aplikace Extrude from GEO na upravený výstupní soubor aplikace Převod DBF do GEO.

Závěrem je možné konstatování, že automatická výstavba geometrie modelu v celé fázi je velmi problematická. Automatizace je obecně prováděna převážně

k urychlení či zjednodušení činnosti. Případná plně automatická výstavba geometrických modelů může představovat poměrně velké časové nároky na předzpracování dat. Výsledná řešení uvedená v práci, umožňují částečně automatizovanou výstavbu geometrických modelů, ne však za cenu nepřiměřeně zdlouhavého předzpracování dat.

Seznam použité literatury

- BŘEHOVSKÝ, Martin a JEDLIČKA Karel. 2005. *Úvod do geografických informačních systémů*. [online]. Přednáškové texty. Dostupné z <http://gis.zcu.cz/studium/ugi/e-skripta/ugi.pdf>
- ČAPEK, Richard, MUCHA Ludvík a MIKŠOVSKÝ Miroslav. 1992. *Geografická kartografie*. 1. Vyd. Praha: Státní pedagogické nakladatelství. Učebnice pro vysoké školy. ISBN 80-04-25153-6
- GEUZAINÉ, Christopher a REMACLE Jean-François. 2012. *Gmsh: a three-dimensional finite element mesh generator with built-in pre- and post-processing facilities* [online]. Dostupné z: <http://www.geuz.org/gmsh/>.
- HEJL, Stanislav. 2011. *Optimalizace výstavby modelových sítí*. Diplomová práce. Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií. Ústav nových technologií a aplikované informatiky. Technická Univerzita v Liberci.
- HEROUT, Pavel. 2001. *Učebnice jazyka Java*. 1. Vyd.: Kopp, České Budějovice. ISBN: 80-723-2115-3.
- KISZKA, Bogdan. 2003. *1001 tipů a triků pro programování v jazyce Java*. 1. Vyd. Brno: Computer Press, ISBN: 80-7226-989-5.
- KOEGH, James. 2005. *Java bez předchozích znalostí: průvodce pro samouky*. Vyd. 1, Brno: Computer Press. ISBN: 80-251-0839-2.
- KOLÁŘ, Jan. 2003. *Geografické informační systémy 10*. Vyd. 2., přeprac. Praha: Vydavatelství ČVUT. ISBN 80-01-02687-6.
- KOLEJKA, Jaromír a PETR Radek. 2005. *Kompendium geoinformatiky 2005: software, řešení, data, služby, hardware*. Klaudian Praha. ISSN 1214-2004
- KRAVAL Ilja, 2002. *Design Patterns v OOP se zaměřením na JAVU, C# a Delphi*. 1. vyd. Dostupné z www.objects.cz
- MALÁ, Blanka a CAPEKOVÁ Zuzana. 2008. *Geoinformatické modelování a jeho přístupy v tvorbě MESH modelu území*. Technická univerzita v Liberci, Fakulta

mechatroniky a mezioborových inženýrských studií, ústav nových technologií a aplikované informatiky. Dostupné z:

http://artec.tul.cz/index.php?content=upload/Mala_text_C.pdf&lang=cs

MALÁ, Blanka, PECINA Jan a CAPEKOVÁ Zuzana. 2009. *Účelově odvozované modely v procesu předzpracování dat pro tvorbu geometrie modelových sítí*. Technická univerzita v Liberci, Fakulta mechatroniky a mezioborových inženýrských studií. Dostupné z: [http://artec.tul.cz/index.php?content=upload/mala\[1\].pdf&lang=cs](http://artec.tul.cz/index.php?content=upload/mala[1].pdf&lang=cs)

MALÁ, Blanka a TOMČÍK David. 2001. *Geoinformatické modelování rozpukáných oblastí*. Ústav nových technologií a aplikované informatiky, FM TUL.

MARYŠKA, Jiří a MALÁ Blanka. 2008. Dílčí závěrečná zpráva (DZZ 4.5) *Výstavba modelové sítě a její naplnění hodnotami z GIS SURAO a stanovení počátečních podmínek pro různé varianty migrace*. Technická univerzita Liberec.

MATHÉ, Světoslav. 1990. *Databázový systém dBASE*. Ústí nad Labem: Dům techniky ČSVTS. ISBN: 80-020-0085-4.

MURAI, Shunji. 1997. *Integrating Remote Sensing, GIS and GPD: The rise of 3S technology*. [non vidi].

Netbeans.org. 2012. *History* [online]. Dostupné z: <http://netbeans.org/about/history.html>

SCHEJBAL, Ctirad, HOMOLA Vladimír, STAŇEK František. 2006. *Geoinformatika* [online]. VŠB-TU Ostrava [vid. 2006-01].

STREIT, Ulrich. 2000. *Introduction to Geoinformatics*. [non vidi] University of Muenster.

RAPANT, P. 2005. *Geoinformační technologie* [online]. Ostrava: Institut geoinformatiky, VŠB-TU Ostrava [vid. 2005-05-22]. Dostupné z <http://gis.vsb.cz/dokumenty/git>.

RAPANT, P. 2002. *Úvod do geografických informačních systémů* [online]. Ostrava: VŠB-TU, [vid. 2002-07-31]. Dostupné z <http://gis.vsb.cz/dokumenty/ugis>

STEINER, Ivo a ČERNÝ Jiří. 2006. *GPS od A do Z*. Praha:eNav.ISBN: 80-239-7516-1.

TOMČÍK, David. 2009. *Geoinformatické modelování v procesu výstavby modelových sítí*. Diplomová práce. Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií. Ústav nových technologií a aplikované informatiky. Technická Univerzita v Liberci.

TUČEK, Ján. 1998. *Geografické informační systémy: Principy a praxe*. Computer Press, Praha. ISBN 80-7226-091-X

VOŽENÍLEK, Vít. 1998. *Geografické informační systémy I: Pojetí, historie, základní komponenty*. Olomouc: Vydavatelství Univerzity Palackého. ISBN 80-7067-802-X.